

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

J1046 U.S. PTO
09/882265



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 3月 1日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-057201

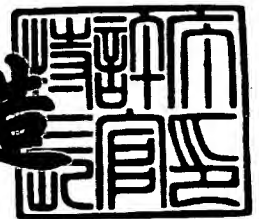
出 願 人
Applicant(s):

株式会社半導体エネルギー研究所

2001年 4月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3036283

【書類名】 特許願

【整理番号】 P005565

【提出日】 平成13年 3月 1日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 山崎 舜平

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 三津木 亨

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 笠原 健司

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 浅見 勇臣

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 高野 圭恵

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 志知 武司

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 小久保 千穂

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-183848

【出願日】 平成12年 6月19日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリコンを主成分とする半導体層で薄膜トランジスタが形成されている半導体装置において、前記半導体層は、チャネル形成領域と、一導電型の不純物が添加された不純物領域を有し、前記チャネル形成領域は、反射電子線回折パターン法で検出される $\{101\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10 度以内である割合が 20% 以上であり、かつ、 $\{001\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10 度以内である割合が 3% 以下であり、かつ、 $\{111\}$ 格子面の前記半導体膜の表面となす角が 10 度以内である割合が 5% 以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】

シリコンを主成分とする非晶質半導体膜に金属元素を添加して、加熱処理とレーザー処理により作製された結晶構造を有する半導体層で薄膜トランジスタが形成されている半導体装置において、前記半導体層は、チャネル形成領域と、一導電型の不純物が添加された不純物領域を有し、前記チャネル形成領域は、反射電子線回折パターン法で検出される $\{101\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10 度以内である割合が 20% 以上であり、かつ、 $\{001\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10 度以内である割合が 3% 以下であり、かつ、 $\{111\}$ 格子面の前記半導体膜の表面となす角が 10 度以内である割合が 5% 以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】

画素部及び駆動回路を同一の絶縁体上に形成した半導体装置において、前記画素部及び前記駆動回路における薄膜トランジスタの全ては n チャネル型であり、前記薄膜トランジスタのチャネル形成領域は、シリコンを主成分とする半導体層で

形成され、前記半導体層は、反射電子線回折パターン法で検出される $\{101\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 20% 以上であり、かつ、 $\{001\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 3% 以下であり、かつ、 $\{111\}$ 格子面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 5% 以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴とする半導体装置。

【請求項4】

画素部及び駆動回路を同一の絶縁体上に形成した半導体装置において、前記画素部及び前記駆動回路における薄膜トランジスタの全ては p チャンネル型であり、前記薄膜トランジスタのチャンネル形成領域は、シリコンを主成分とする半導体層で形成され、前記半導体層は、反射電子線回折パターン法で検出される $\{101\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 20% 以上であり、かつ、 $\{001\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 3% 以下であり、かつ、 $\{111\}$ 格子面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 5% 以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴とする半導体装置。

【請求項5】

画素部及び駆動回路を同一の絶縁体上に形成した半導体装置において、前記駆動回路は n チャンネル型及び p チャンネル型の薄膜トランジスタで形成され、前記 n チャンネル型及び p チャンネル型の薄膜トランジスタのチャンネル形成領域のそれぞれは、シリコンを主成分とする半導体層で形成され、前記半導体層は、反射電子線回折パターン法で検出される $\{101\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 20% 以上であり、かつ、 $\{001\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 3% 以下であり、かつ、 $\{111\}$ 格子面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 5% 以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴とする半

導体装置。

【請求項6】

画素部を絶縁体上に形成した半導体装置において、前記画素部における薄膜トランジスタのチャネル形成領域は、シリコンを主成分とする半導体層で形成され、前記チャネル形成領域は、反射電子線回折パターン法で検出される{101}面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が20%以上であり、かつ、{001}面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が3%以下であり、かつ、{111}格子面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が5%以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴とする半導体装置。

【請求項7】

画素部及び駆動回路を同一の絶縁体上に形成した半導体装置において、前記駆動回路は一導電型の薄膜トランジスタで形成されたバッファを有し、前記バッファは第1の一導電型の薄膜トランジスタと該第1の一導電型の薄膜トランジスタと直列に接続され、かつ、該第1の一導電型の薄膜トランジスタのドレインをゲートとする第2の一導電型薄膜トランジスタを有し、前記第1及び第2の薄膜トランジスタのチャネル形成領域のそれぞれは、シリコンを主成分とする半導体層で形成され、

前記半導体層、反射電子線回折パターン法で検出される{101}面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が20%以上であり、かつ、{001}面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が3%以下であり、かつ、{111}格子面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が5%以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴とする半導体装置。

【請求項8】

請求項1乃至請求項7のいずれか一項において、前記チャネル形成領域に含まれる金属元素の濃度が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴とする半導体装

置。

【請求項 9】

請求項 8 において、前記金属元素は、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Au から選ばれた一種または複数種であることを特徴とする薄膜トランジスタ。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項において、前記シリコンを主成分とする半導体層は、ゲルマニウムを 0.1 原子%以上 10 原子%以下の濃度で含むことを特徴とする薄膜トランジスタ。

【請求項 11】

請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか一項において、前記半導体膜の厚さは 20 nm 乃至 100 nm であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 12】

請求項 4 または請求項 5 において、前記駆動回路は複数の NAND から成るデコーダを含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項 13】

請求項 4 において、前記駆動回路はエンハンスメント型とデプレッション型の薄膜トランジスタで形成されたフリップフロップ回路から成るシフトレジスタを含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項 14】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項において、前記半導体膜の表面に対して水平に存在する格子面の間隔と、前記半導体膜の表面に対して 60 度傾いて存在する格子面の間隔との差が、格子定数に換算した場合、0 を越え 0.002 nm 以下であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 15】

請求項 1 乃至請求項 12 のいずれか一項において、前記半導体装置は携帯電話、ビデオカメラ、携帯型情報端末、テレビ受像器、電子書籍、パーソナルコンピュータ、DVD プレーヤー、デジタルスチルカメラから選ばれた一つであることを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は結晶構造を有する半導体膜で活性領域を形成した半導体装置に関する。特に、薄膜トランジスタ、或いは、該薄膜トランジスタで回路を形成した半導体装置に関する。尚、本明細書において半導体装置とは、半導体特性を利用して機能しうる装置全般を指し、半導体集積回路、電気光学装置、電子機器は半導体装置の範疇に含まれるものとする。

【0002】

【従来の技術】

厚さ数 nm から数百 nm 程度の結晶構造を有する半導体膜（以下、結晶質半導体膜という）を用いて、薄膜トランジスタ（以下、TFTという）を作製する技術が開発されている。TFTは液晶表示装置に用いるスイッチング素子として実用化が進み、近年においてはガラス基板上に半導体集積回路を形成することも可能になっている。

【0003】

TFTに好適に用いられる結晶質半導体膜の材料はシリコンである。結晶構造を有するシリコン膜（以下、結晶質シリコン膜という）は、プラズマCVD法や減圧CVD法により、ガラスまたは石英などの基板上に堆積した非晶質シリコン膜を、加熱処理、或いはレーザー光の照射（以下、本明細書中においてレーザー処理という）により結晶化したものが適用されてきた。

【0004】

しかし、加熱処理による場合には、非晶質シリコン膜を結晶化させるために 600℃以上の温度で10時間以上の加熱処理が必要とされている。この処理温度と処理時間は、TFTの生産性を考慮すると必ずしも適切な方法とは考えられていない。TFTを用いた応用製品として液晶表示装置を考慮すると、基板の大面積化に対応するために大型の熱処理炉が必要となり、生産工程における消費エネルギーが増大するばかりか、広い面積に渡って一様な結晶を得ることが困難となる。また、レーザー処理による場合には、レーザー発振器の出力の不安定さの

ために、やはり均質な結晶を得ることが困難である。このような結晶の品質のばらつきはTFTの特性ばらつきの原因となり、液晶表示装置やEL表示装置の表示品質を低下させる要因として憂慮されている。

【0005】

一方、非晶質シリコン膜にシリコンの結晶化を助長する金属元素を導入し、従来よりも低い温度の加熱処理で結晶質シリコン膜を作製する技術が開示されている。例えば、特開平7-130652号公報、特開平8-78329号公報では、非晶質シリコン膜にニッケルなどの金属元素を導入し、550℃、4時間の熱処理により結晶質シリコン膜を得ている。

【0006】

また、こうして作製された結晶質シリコン膜を用いたTFTは、単結晶シリコン基板を用いたMOSトランジスタの特性と比べ、依然劣っていた。ガラスや石英などの異種材料上に厚さ数nmから数百nm程度の半導体膜を結晶化させたとしても、複数の結晶粒が集合して成る多結晶構造しか得ることが出来ず、結晶粒中及び結晶粒界に多数存在する欠陥によりキャリアがトラップされ、TFTの性能を律速する要因となっている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来の方法で作製される結晶質シリコン膜は、その結晶方位面がランダムに存在し、特定の結晶方位に対する配向率が低かった。加熱処理またはレーザー処理により得られる結晶質シリコン膜は、複数の結晶粒が析出し、 $\{111\}$ に配向する傾向があるが、その面方位に配向する割合が全体の20%を越えることはなかった。

【0008】

配向率が低い場合、異なる方位の結晶がぶつかる結晶粒界で、格子の連続性を保持することが殆ど不可能となり、不對結合手が多く形成されることを推定できる。粒界にできる不對結合手はキャリア（電子・ホール）の捕獲中心となり、輸送特性を低下させている。即ち、キャリアが散乱されたりトラップされたりするため、このような結晶質半導体膜でTFTを作製しても高い電界効果移動度を有

するTFTを期待することができない。また、結晶粒界はランダムに存在するため、チャネル形成領域を特定の結晶方位をもつ結晶粒で形成することが不可能であり、TFTの電気的特性のバラツキの要因となる。

【0009】

本発明はこのような問題点を解決する手段を提供することを目的とし、非晶質半導体膜を結晶化して得られる結晶質半導体膜の配向性を高め、そのような結晶質半導体膜を用いたTFTを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記問題点を解決するために、本発明の構成は、シリコンを主成分とする半導体層で薄膜トランジスタが形成されている半導体装置において、前記半導体層は、チャネル形成領域と、一導電型の不純物が添加された不純物領域を有し、前記チャネル形成領域は、反射電子線回折パターン法で検出される $\{101\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 20% 以上であり、かつ、

$\{001\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 3% 以下であり、かつ、 $\{111\}$ 格子面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 5% 以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 未満であることを特徴としている。

【0012】

また、他の発明の構成は、シリコンを主成分とする非晶質半導体膜に金属元素を添加して、加熱処理とレーザー処理により作製された結晶構造を有する半導体層で薄膜トランジスタが形成されている半導体装置において、前記半導体層は、チャネル形成領域と、一導電型の不純物が添加された不純物領域を有し、前記チャネル形成領域は、反射電子線回折パターン法で検出される $\{101\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 20% 以上であり、かつ、 $\{001\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 3% 以下であり、かつ、 $\{111\}$ 格子面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内であ

る割合が5%以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴としている。

【0013】

また、他の発明の構成は、画素部及び駆動回路を同一の絶縁体上に形成した半導体装置において、前記画素部及び前記駆動回路における薄膜トランジスタの全てはnチャネル型であり、前記薄膜トランジスタのチャネル形成領域は、シリコンを主成分とする半導体層で形成され、前記半導体層は、反射電子線回折パターン法で検出される{101}面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が20%以上であり、かつ、{001}面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が3%以下であり、かつ、{111}格子面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が5%以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴としている。

【0014】

また、他の発明の構成は、画素部及び駆動回路を同一の絶縁体上に形成した半導体装置において、前記画素部及び前記駆動回路における薄膜トランジスタの全てはpチャネル型であり、前記薄膜トランジスタのチャネル形成領域は、シリコンを主成分とする半導体層で形成され、前記半導体層は、反射電子線回折パターン法で検出される{101}面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が20%以上であり、かつ、{001}面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が3%以下であり、かつ、{111}格子面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が5%以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴としている。

【0015】

また、他の発明の構成は、画素部及び駆動回路を同一の絶縁体上に形成した半導体装置において、前記駆動回路はnチャネル型及びpチャネル型の薄膜トランジスタで形成され、前記nチャネル型及びpチャネル型の薄膜トランジスタのチ

チャネル形成領域のそれぞれは、シリコンを主成分とする半導体層で形成され、前記半導体層は、反射電子線回折パターン法で検出される $\{101\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 20% 以上であり、かつ、 $\{001\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 3% 以下であり、かつ、 $\{111\}$ 格子面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 5% 以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴としている。

【0016】

また、他の発明の構成は、画素部を絶縁体上に形成した半導体装置において、前記画素部における薄膜トランジスタのチャネル形成領域は、シリコンを主成分とする半導体層で形成され、前記チャネル形成領域は、反射電子線回折パターン法で検出される $\{101\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 20% 以上であり、かつ、 $\{001\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 3% 以下であり、かつ、 $\{111\}$ 格子面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 5% 以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴としている。

【0017】

また、他の発明の構成は、画素部及び駆動回路を同一の絶縁体上に形成した半導体装置において、前記駆動回路は一導電型の薄膜トランジスタで形成されたバッファを有し、前記バッファは第1の一導電型の薄膜トランジスタと該第1の一導電型の薄膜トランジスタと直列に接続され、かつ、該第1の一導電型の薄膜トランジスタのドレインをゲートとする第2の一導電型薄膜トランジスタを有し、前記第1及び第2の薄膜トランジスタのチャネル形成領域のそれぞれは、シリコンを主成分とする半導体層で形成され、前記半導体層、反射電子線回折パターン法で検出される

$\{101\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内である割合が 20% 以上であり、かつ、 $\{001\}$ 面の前記半導体膜の表面となす角が 10° 以内であ

る割合が3%以下であり、かつ、{111}格子面の前記半導体膜の表面となす角が10度以内である割合が5%以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満であることを特徴としている。

【0018】

結晶方位の分布は反射電子回折パターン（EBSP: Electron Backscatter diffraction Pattern）により求める（以下、便宜上EBSPと呼ぶ）。EBSPは走査型電子顕微鏡（SEM: Scanning Electron Microscopy）に専用の検出器を設け、一次電子の後方散乱から結晶方位を分析する手法である。EBSP法の測定方法は図6により説明される。電子銃（ショットキー型電界放出電子銃）101、鏡体102、試料室103は通常の走査型電子顕微鏡と同じ構成である。EBSPを測定するにはステージ104を60度程度の傾きを設け試料109を設置する。この状態で試料に向かい合うように検出器106のスクリーン105を挿入する。

【0019】

ここで、結晶構造を持った試料に電子線が入射すると、後方にも非弾性散乱が起こり、その中には試料中でブラッグ回折による結晶方位に特有の線状パターン（一般に菊地像と呼ばれる）も合わせて観察される。EBSPは検出器スクリーンに映った菊地像を解析することにより試料の結晶方位を求めている。

【0020】

図7は基板121上に形成された多結晶構造の結晶質半導体膜122を示している。多結晶構造は各結晶粒が異なった結晶方位を持っていることを前提としている。試料の電子線の当たる位置を移動させつつ方位解析を繰り返す（マッピング測定）ことで、面状の試料について結晶方位または配向の情報を得ることができる。入射電子線の太さは、走査型電子顕微鏡の電子銃のタイプにより異なるが、ショットキー電界放射型の場合、10～20nmの非常に細い電子線123が照射される。マッピング測定では、測定点数が多いほど、また測定領域が広いほど、結晶配向のより平均化した情報を得ることができる。実際には、 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ の領域で、10000点（1μm間隔）～40000点（0.5μm

間隔)の程度の測定を行っている。

【0021】

マッピング測定により各結晶粒の結晶方位がすべて求まると、膜に対する結晶配向の状態を統計的に表示できる。図8(A)にEBSPから求められる逆極点図の例を示す。逆極点図は多結晶体の優先配向を表示する際によく用いられるもので、試料のある特定の面(ここでは膜表面)が、どの格子面に一致しているかを集合的に表示したものである。

【0022】

図8(A)の扇形状の枠は一般に標準三角形と呼ばれるもので、この中に立方晶系における全ての指数が含まれている。またこの図中における長さは、結晶方位における角度に対応している。たとえば $\{001\}$ と $\{101\}$ の間は45度、 $\{101\}$ と $\{111\}$ の間は35.26度、 $\{111\}$ と $\{001\}$ の間は54.74度である。また、白抜きの点線は $\{101\}$ からのずれ角5度及び10度の範囲を示している。

【0023】

図8(A)は、マッピングにおける全測定点(この例では11655点)を標準三角形内にプロットしたものである。 $\{101\}$ 付近で点の密度が濃くなっていることがわかる。図8(B)は、このような点の集中度を等高線表示したものである。ここで数値は各結晶粒が完全に無秩序な配向だと仮定した場合、すなわち標準三角形内に点を偏りなく分布させた場合に対する倍率を示しており無次元数である。

【0024】

このように特定の指数(ここでは $\{101\}$)に優先配向している事がわかった場合、その指数近傍にどの程度の結晶粒が集まっているか、その割合を数値化することで、優先配向の度合いをよりイメージしやすくなる。例えば図8(A)に例示した逆極点図において $\{101\}$ からのずれ角5度及び10度の範囲(図中に白点線で示す)に存在する点数の全体に対する割合を配向率として次式により求めて示すことができる。

【0025】

【数 1】

$$\text{配向比率} = \frac{\{101\} \text{ 格子面と膜表面がなす角が} \\ \text{許容値以内の測定点の数}}{\text{測定点の全数}}$$

【0026】

この割合は、次のように説明することもできる。図 8 (A) のように {101} 付近に分布が集中している場合、実際の膜においては図 10 のように、各粒の <101> 方位は基板に概略垂直であるが、その周りにやや揺らぎを持って並んでいることが予想される。この揺らぎの角に許容値を 5 度、10 度と設け、それより小さいものの割合を数値で示してゆくのである。たとえば図 9 では、ある結晶粒の <101> 方位は、許容 5 度の範囲には含まれないが、許容 10 度の範囲には含まれていることになる。後述のデータにおいては、以上に説明したように許容ずれ角を度及び 10 度と定め、それを満たす結晶粒の割合を表示してゆく。

【0027】

【発明の実施の形態】

本発明は {101} 格子面の配向率が高い半導体膜で TFT を形成することに特徴を有している。基板上に形成され配向率の高い結晶質半導体膜はシリコンを主成分とし、ゲルマニウムを 0.1 ~ 10 原子% 含有する半導体材料によりはじめて実現することができる。このような半導体膜を得る典型的な一実施形態は、シリコン原子及びゲルマニウム原子の水素化物またはフッ化物または塩化物によるガスを用い、プラズマ CVD 法または減圧 CVD 法により作製される非晶質半導体膜の表面に該非晶質半導体膜の結晶化を助長する金属元素を導入し、当該金属元素を利用して加熱処理により結晶質半導体膜を形成する。

【0028】

本発明において、半導体膜を形成するための基板は、アルミナホウケイ酸ガラスやバリウムホウケイ酸ガラスなどの無アルカリガラス基板が適している。代表的にはコーニング社の #7059 ガラス基板や #1737 ガラス基板を用いる。その他に石英基板やサファイア基板を用いても良い。或いは、シリコン、ゲルマニウム、ガリウム・砒素などの半導体基板の表面に絶縁膜を形成し、これを基板

としても良い。

【0029】

また、基板として上記ガラス基板を用いる場合には、非晶質半導体膜とガラス基板との間に窒化シリコン、酸化シリコン、または酸化窒化シリコンなどでブロッキング層を形成する。こうして、ガラス基板中に含まれるアルカリ金属元素などの不純物元素が半導体膜中に拡散することを防ぐ。例えば、プラズマCVD法で SiH_4 、 NH_3 、 N_2 を反応ガスとして用い、窒化シリコン膜を形成する。または、 SiH_4 、 N_2O 、 NH_3 を反応ガスとして用い、酸化窒化シリコン膜を形成する。ブロッキング層の厚さは20～200nmで形成する。

【0030】

非晶質半導体膜の形成は、プラズマCVD法または減圧CVD法、その他適宜の方法により行う。プラズマCVD法を適用する場合には、 SiH_4 と GeH_4 とから成る反応ガス、或いは、 SiH_4 と H_2 で希釈した GeH_4 成る反応ガスを加えて反応室に導入し、1～200MHzの高周波放電により分解し基板上に非晶質半導体膜を堆積させる。反応ガスは、 SiH_4 の代わりに Si_2H_6 または SiF_4 を、 GeH_4 の代わりに GeF_4 を採用しても良い。減圧CVD法を用いる場合にも同様な反応ガスを適用することが可能であり、好ましくはHeで反応ガスを希釈して、400～500℃の温度で基板上に非晶質半導体膜を堆積する。いずれにしても、本発明で用いる上記ガスは、堆積される非晶質半導体膜に取り込まれる酸素、窒素、炭素などの不純物元素の濃度を低減するために高純度に精製されたものを用いる。堆積される非晶質半導体膜の厚さは20～100nmの範囲とする。

【0031】

本発明に用いる非晶質半導体膜は、シリコンを主成分としゲルマニウムを0.1原子%～10原子%未満、好ましくは1～5原子%の範囲で含有している。ゲルマニウムの含有量は、代表的な反応ガスとして用いられる SiH_4 と GeH_4 の混合比により調節することができる。また、非晶質半導体中に含まれる窒素及び炭素の濃度は $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満、酸素の濃度は $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満とし、非晶質半導体膜の結晶化の過程において、作製される結晶質半導体膜の電氣的

特性に悪影響が出ないようにする。

【 0 0 3 2 】

上記のように形成した非晶質半導体膜の表面に、該非晶質半導体膜の結晶化を助長する金属元素を導入する。金属元素としては、鉄 (Fe)、ニッケル (Ni)、コバルト (Co)、ルテニウム (Ru)、ロジウム (Rh)、パラジウム (Pd)、オスニウム (Os)、イリジウム (Ir)、白金 (Pt)、銅 (Cu)、金 (Au) から選ばれた一種または複数種の金属元素を用いる。これら金属元素は、本明細書に記載する何れの発明においても非晶質半導体膜の結晶化を助長する金属元素として使用することができる。上記いずれの金属元素を用いても同質、同様の効果を得ることができるが、代表的にはニッケルを用いる。

【 0 0 3 3 】

これら金属元素を導入する箇所は、非晶質半導体膜の全面、或いは非晶質半導体膜の膜面における適宜箇所のスリット状の面または点状の面などとする。前者の場合には、当該非晶質半導体膜の基板側に位置する面または基板側とは反対の面のいずれであっても良い。後者の場合には、好ましくは非晶質半導体膜上に絶縁膜が形成され、その絶縁膜に設けられた開孔を利用して金属元素を導入することができる。開孔の大きさに特に限定はないが、その幅は $10 \sim 40 \mu\text{m}$ とすることができる。また、その長手方向の長さは任意に決めれば良く、数十 μm ～数十 cm の範囲とすることができる。

【 0 0 3 4 】

これらの金属元素を導入する方法は、当該金属膜を非晶質半導体膜の表面又は内部に存在させる手法であれば特に限定はなく、例えば、スパッタ法、蒸着法、プラズマ処理法 (含むプラズマ CVD 法)、吸着法、金属塩の溶液を塗布する方法などを使用することができる。プラズマ処理法は、不活性ガスによるグロー放電雰囲気において、陰極からスパッタされる当該金属元素を利用する。また、金属塩の溶液を塗布する方法は簡易であり、金属元素の濃度調整が容易である点で有用である。

【 0 0 3 5 】

金属塩としては各種塩を用いることが可能であり、溶媒としては水、アルコー

ル類、アルヒド類、エーテル類その他の有機溶媒、または水とこれらの有機溶媒の混合物を用いることができる。また、それらの金属塩が完全に溶解した溶液とは限らず、金属塩の一部または全部が懸濁状態で存在する溶液であっても良い。いずれの方法を採用するにしても、当該金属元素は非晶質半導体膜の表面又は内部に分散させて導入する。

【0036】

上記何れかの方法で金属元素を導入した後、当該金属元素を利用して非晶質半導体膜の結晶化を行う。結晶化は加熱処理、レーザー光または紫外線、赤外線などの強光の照射によって行う。加熱処理のみでも{101}に優先的に配向する結晶質シリコン膜を得ることができるが、好ましくは、加熱処理を行いその後レーザー光などの強光の照射を行う方法を適用する。加熱処理後のレーザー処理は、結晶粒内に残される結晶欠陥を修復し消滅させることができ、作製される結晶の品質を向上させる目的に対して有効な処置となる。

【0037】

加熱処理は450～1000℃の範囲で行うことが可能であるが、温度の上限は使用する基板の耐熱温度が一つの上限として考慮される。ガラス基板の場合にはその歪み点以下が上限温度の一つの根拠となる。例えば、歪み点667℃のガラス基板に対しては、660℃程度が限度と見るべきである。必要とされる時間は加熱温度や、その後の処理条件（例えばレーザー光を照射する処理の有無など）により適宜設定するが、好適には550～600℃にて4～24時間の加熱処理を行う。また、その後レーザー処理を行う場合には、500～550℃にて4～8時間の熱処理を行う。以上の加熱処理は空气中や水素雰囲気中でも良いが、好適には窒素或いは不活性ガス雰囲気中にて行う。

【0038】

また、レーザー処理は、波長400nm以下のエキシマレーザーや、YAGまたはYVO₄レーザーの第2高調波（波長532nm）～第4高調波（波長266nm）を光源として用いて行う。これらのレーザー光は光学系にて線状またはスポット状に集光し、そのエネルギー密度を100～700mJ/cm²として照射し、上記のように集光したレーザービームを基板の所定の領域に渡って走査さ

せ処理を行う。その他、レーザーの代わりに、ハロゲンランプ、キセノンランプ、水銀ランプ、メタルハライドランプなどを光源としても良い。

【0039】

以上のような工程により、本発明の如き{101}面の配向率が高い結晶質半導体膜が得られるメカニズムは、現段階で必ずしも明らかではないが、概略以下のように推測することができる。

【0040】

まず、結晶化は400～500℃の加熱処理により金属元素とシリコンが反応してシリサイドが形成され、これが結晶核となりその後の結晶成長に寄与する。例えば、代表的な金属元素としてニッケルを用いた場合、ニッケルシリサイド（以下、 NiSi_2 と記する）が形成される。 NiSi_2 の構造はホタル石型構造であり、ダイヤモンド型構造のシリコン格子間にニッケル原子を配置した構造となっている。 NiSi_2 からニッケル原子が無くなるとシリコンの結晶構造が残ることになる。数々の実験の結果から、ニッケル原子は非晶質シリコン側に移動していくことが判明しており、この理由は非晶質シリコン中の固溶度の方が結晶シリコン中のそれよりも高いためであると考えられる。従って、恰もニッケルが非晶質シリコン中を移動しながら結晶シリコンを形成するというモデルを立案することができる。

【0041】

NiSi_2 は特定の配向性を持たないが、非晶質半導体膜の厚さを20～100nmとすると基板表面に対し平行な方向しか殆ど成長することが許されなくなる。この場合、 NiSi_2 と結晶シリコンの(111)面とが接する界面エネルギーが最も小さいので、結晶質シリコン膜の表面と平行な面は(110)面となり、この格子面が優先的に配向する。結晶成長方向が基板表面に対し平行な方向に、しかも柱状に成長する場合には、その柱状結晶を軸とした回転方向には自由度が存在するため、必ずしも(110)面が配向するとは限らないため、その他の格子面も析出すると考えられる。

【0042】

本発明は、結晶質半導体膜の{101}格子面の配向を高めるために、柱状結

晶の回転方向に制約を与え、自由度を低減させる手段として非晶質シリコンに 0.1～10 原子%のゲルマニウムを含有させる手段を見いだしたものである。勿論、前述のようにゲルマニウムの存在が必ずしも本質的な要因ではなく、シリコンのネットワークに入り、或いは影響を及ぼして、内部応力を緩和するものであれば、他の元素で代替することも可能である。

【0043】

ゲルマニウムを一例とすれば、非晶質シリコンに 0.1～10 原子%のゲルマニウムを含有させると結晶核の発生密度が低下することが観測されている。図 15 はその結果を示し、非晶質シリコン膜の成膜時に添加する GeH_4 の量が増加するに従い、即ち、非晶質シリコン膜に取り込まれるゲルマニウムの濃度が増加するに従い、結晶核密度が低下している傾向が示されている。結晶核である NiSi_2 が形成されるとき、原子間距離の違いによりゲルマニウムは排除されつつ上述の結晶成長が起こっていることが予想される。従って、ゲルマニウムは柱状結晶の外側に偏析するような形となり、その存在が柱状結晶を軸とした回転方向の自由度を低下させていると推定する。その結果、 $\{101\}$ 面の配向率の高い結晶質半導体膜を得ることが可能となる。

【0044】

本発明は、結晶質半導体膜の $\{101\}$ 格子面の配向を高めるために、柱状結晶の回転方向に制約を与え、自由度を低減させる手段として非晶質シリコンに 0.1～10 原子%のゲルマニウムを含有させる手段を見いだしたものである。

【0045】

まず、非晶質シリコンに 0.1～10 原子%のゲルマニウムを含有させると結晶核の発生密度が低下することが観測されている。図 5 はその結果を示し、非晶質シリコン膜の成膜時に添加する GeH_4 の量が増加するに従い、即ち、非晶質シリコン膜に取り込まれるゲルマニウムの濃度が増加するに従い、結晶核密度が低下している傾向が示されている。結晶核である NiSi_2 が形成されるとき、原子間距離の違いによりゲルマニウムは排除されつつ上述の結晶成長が起こっていることが予想される。従って、ゲルマニウムは柱状結晶の外側に偏析するような形となり、その存在が柱状結晶を軸とした回転方向の自由度を低下させている

と推定する。その結果、(110)面の配向率の高い結晶質半導体膜を得ることが可能となる。

【0046】

次に上述の本発明に基づいて作製される結晶質半導体膜について、その作製条件とEBSPで観測される結晶の配向性との関連について示す。表1はプラズマCVD法で作製する非晶質半導体膜の作製条件を示す。高周波電力は 0.35 W/cm^2 (27MHz)であるが、繰り返し周波数10kHz (デューティ比30%)のパルス放電に変調して平行平板型のプラズマCVD装置の陰極に給電している。その他、共通条件として反応圧力33.25Pa、基板温度300℃、電極間隔35mmとしている。

【0047】

【表1】

項目		SGN30	SGN10	SGN5	SN
SiH ₄ 流量	[sccm]	70	90	95	100
GeH ₄ (H ₂ ベース10%)流量	[sccm]	30	10	5	0
RF power	[W/cm ²]	0.35	←	←	←
パルス周波数	[KHz]	10	←	←	←
Duty	[%]	30	←	←	←
圧力	[Pa]	33.25	←	←	←
基板温度(Tsub)	[℃]	300	←	←	←
電極間隔(GAP)	[mm]	35	←	←	←

【0048】

そして、シリコンに対するゲルマニウムの含有量を変化させるために、合計流量が一定になるようにして、SiH₄とH₂で10%に希釈したGeH₄のガス流量の混合比を変化させている。表1に記載の条件において、成膜条件#SGN30、#SGN10、#SGN5ではH₂で10%に希釈したGeH₄の流量を30、10、5SCCMと変化させている。SiH₄の純度は99.9999%以上のものを、またGeH₄は窒素、炭化水素化合物が1ppm以下、CO₂が2ppm以下の高純度品を用いた。また、#SNはGeH₄を添加しない条件である。堆積する非晶質半導体膜の厚さは全ての試料において50nmとした。

【0049】

このような条件で作製される非晶質半導体膜に含まれる窒素、炭素、酸素のそれぞれの含有量は二次イオン質量分析法 (SIMS) によって測定されている。図4はその結果を示す。測定に用いた試料は、シリコン基板上に#SN、#SGN5、#SGN10の順に積層したものであるが、いずれの成膜条件においても窒素、炭素の含有量は $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満、酸素の含有量は $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満である。

【0050】

こうして作製された非晶質半導体膜の結晶化は、金属元素としてニッケルを用い、窒素雰囲気中 550°C にて4時間の加熱処理及びレーザー処理で行った。ニッケルは酢酸ニッケルを含有する水溶液を用い、スピナーで塗布した。また、レーザー処理はXeClエキシマレーザー (波長 308nm) を用い、照射エネルギー密度 $300 \sim 600 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 、重ね合わせ率 $90 \sim 95\%$ で照射した。レーザー処理は加熱処理により結晶化した膜の未結晶化部分の結晶化や、結晶粒内に欠陥を補修するために行った。

【0051】

結晶質半導体膜に残存する欠陥は水素化处理により、 $0.01 \sim 1$ 原子%程度の水素を含有させることにより効果的に低減させることができる。水素化は水素を含む雰囲気中で $350 \sim 500^\circ\text{C}$ の加熱処理により行うことができる。また、プラズマにより生成された水素を用いて水素化を行うことも可能である。また、 SiF_4 、 GeF_4 などのフッ化物により堆積された膜は $0.001 \sim 1$ 原子%程度のフッ素が膜中に残存し、欠陥を補償する元素となる。

【0052】

図3はこうして結晶化した#SGN10と#SGN30のゲルマニウム濃度をSIMSにより評価した結果を示す。シリコンに対してゲルマニウムの含有量は、#SGN5で1.5原子%、#SGN10では3.5原子%、#SGN10では11.0原子%の濃度で含まれている。 SiH_4 に対する GeH_4 の流量比から換算すると、シリコンに対してゲルマニウムは3~4倍の割合で膜中に取り込まれている。これは、 SiH_4 に対し GeH_4 の方がグロー放電にて分解するエネルギーが小さいためである。

【0053】

結晶方位の詳細はEBSPにより求めている。図1は表1で示す#SGN10の条件で作製した非晶質シリコン膜を用い、添加する酢酸ニッケルを含有する水溶液のニッケル濃度を1～30ppmの範囲で変化させて作製した結晶質シリコン膜の逆極点図を示している。結晶化は、580℃にて4時間の加熱処理を行ったものである。結晶の配向率は{101}に強く配向して、その他に{001}と{111}の中間にある{311}面に配向している傾向が見られる。{101}の配向率はニッケルの濃度依存性が見られ、低濃度になるに従い配向率が高くなっている。図2は{101}配向率のニッケル濃度依存性を示すグラフであり、GeH₄の添加量が5SCCMと10SCCMである場合を示している。配向率は#SGN10の場合にニッケル濃度と強い相関を示し、0.1ppmのニッケル水溶液濃度において61%の配向率が得られている。この結果を表2に示す。また、図36は#SNの条件で作製した結晶質シリコン膜の逆極点図であり、{101}の配向率は12%である。

【0054】

【表2】

	Ni水溶液濃度 (ppm)					
	0.1	0.3	1	3	10	30
{101}配向率 (%)	61	60	53	44	30	19

【0055】

表2は逆極点図を基にして、各種試料について{101}、{001}、{111}、{113}の配向率を、各格子面が膜表面となす角度が5度以内、及び10度以内の範囲にある割合を求めた結果を示している。表3において#HSは{113}と{111}の配向率が高く、それぞれ18%（10度以内）、12%（10度以内）となっている。また、#SNでは{101}と{311}の配向率が高くなっている。{311}は対称性の立場から等価な格子面の数が他と比較して最も多く、ランダムに配向する多結晶体では発生する確率がその分高く

なる。

【 0 0 5 6 】

【表 3】

試料	単位%							
	{101}		{001}		{111}		{113}	
	10°	5°	10°	5°	10°	5°	10°	5°
#SGN30	19	1	8	2	7	3	19	5
#SGN10	31	14	1	0	3	1	10	3
#SGN5	20	6	1	0	3	0	12	3
#SN	12	3	1	0	7	2	15	3
#HS	4	1	10	3	12	6	18	4

【 0 0 5 7 】

一方、ゲルマニウムを添加した#SGN30、#SGN10、#SGN5においても試料内の比較において傾向が見られ、膜中に含有するゲルマニウム濃度により結晶の配向が変化することを示している。#SGN10、#SGN5で特に注目される傾向は、他の格子面に対して{101}格子面の配向が強く、#SGN10ではずれ角10度以内が31%、5度以内でも14%となっている。また、#SGN5ではずれ角10度以内が20%、5度以内で6%となっている。このような{101}格子面に対する高い配向率はゲルマニウムを添加しない他の試料では達成されない新規な効果が得られている。

【 0 0 5 8 】

しかし、#SGN30において、膜中に含有するゲルマニウムの含有量が11原子%に増加すると{101}格子面の配向率は低下してしまうことが示されている。また、#SGN5において1.5原子%に低下しても配向率が20%低下している。従って、この結果が意味するところは、{101}の配向率を高めるためには非晶質シリコン膜中に含有させるゲルマニウムの濃度には適した範囲があり、その濃度範囲は0.1原子%から10原子%、好ましくは1～5原子%程度であることがわかる。

【 0 0 5 9 】

勿論、このような{101}格子面に対して高い配向性を示す結晶質半導体膜

は、添加するゲルマニウムの濃度を0.1～10原子%の範囲で添加するだけでなく、膜中に含まれる酸素、窒素、炭素の元素の濃度を $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満にすること、及び膜厚を20～100nmの範囲として、基板表面と平行な方向の成長が支配的となるようにすることの相乗効果により達成される。

【0060】

さらに、このような結晶質半導体膜の構造をX線回折から評価した。X線回折法では、回折角 2θ をスキャンしながら回折強度の測定を行う。このとき強度がピークとなった 2θ の測定からブラッグの式($2d \sin \theta = \lambda$ 、 λ はX線の波長)格子面間隔 d を求めることができる。ここで 2θ スキャンを遅くしてピーク位置を精密に求めると、格子に加わっている歪についての情報も得ることができる。

【0061】

測定は、表3の#SNで示される結晶質シリコン膜、及びゲルマニウムを含む結晶質シリコン膜について測定を行い、 d 値を比較した。両者とも石英基板を使用した。膜厚は54nm、酢酸ニッケルの添加量10ppmの水溶液、結晶化500℃にて1時間と580℃にて8時間の加熱処理で作製したものである。測定は膜に平行な格子面のほか、図34示すように試料にあおり角を持たせることにより、膜から60度の角を持った格子面についても行った。この様子を模式的に図35に示す。また、 2θ の大きい回折を用いたほうが測定精度は向上する。この2つの試料で配向の違いにより測定できる回折が異なっていたが、それぞれについて予備測定により 2θ の最も大きい回折を調べ、それらについて本測定を行った。本測定に用いた回折は、ゲルマニウムを含む結晶質シリコン膜(試料A)では(440)、結晶質シリコン膜(試料B)では(220)であった。

【0062】

あおり角を持たせた場合、 2θ の値には装置のX線光学系に特有の系統的なずれが生じる。このずれはわずかであるが、今回のような精密な測定ではその影響が無視できなくなるため、あらかじめ標準試料(無配向のタングステン粉末)を用いてあおり角0度、60度で 2θ 値の測定を行い、そのときのずれ量を用いて補正を行った。標準試料の測定結果を表4に示す。ここでは多結晶試料の本測定における指数と 2θ が近い回折を選んでいる。即ち、試料Aでは(440)回折(

2 θ =106度付近)を測定したので、タングステンの(310)回折(2 θ =100.628度)で補正を行った。一方、試料Bでは(220)回折(2 θ =47度付近)を測定したので、タングステンの(110)回折(2 θ =40.2444度)で補正を行った。

【0063】

【表4】

測定指数	Psi[°]	2 θ [°]	$\Delta 2\theta$ [°]
310	0	100.628	-0.008
	60	100.62	
110	0	40.2444	0.0254
	60	40.2698	

【0064】

試料Aと試料Bの測定結果を表5に示す。あおり角Psiで比較すると、どちらの試料も0度に比べ60度の場合のほうがd値は大きく、従って格子が膜に水平方向に伸びた歪を有していることがわかる。格子定数aに換算して試料間の比較を行うと、試料Aでは両者の差は0.00164nmであるのに対して、試料Bでは0.00272nmと、より大きい値になっている。従って非晶質半導体膜の形成時にゲルマニウムを含ませておくことにより、結晶化後の膜の歪を緩和させることができるということが出来る。

【0065】

【表5】

試料	測定指数	Psi[°]	2 θ [°]	2 θ [°] (補正後)	d[nm]	a[nm]	Δa [nm]
A	440	0	106.9092		0.096093	0.54359	0.00164
		60	106.4369	106.4449	0.096384	0.54523	
B	220	0	47.4447		0.191894	0.54276	0.00272
		60	47.2188	47.1934	0.192857	0.54548	

【0066】

このような{110}格子面の配向率の高い結晶質半導体膜はTFETのチャネル形成領域、光起電力素子の光電変換層など素子の特性を決定付けるチャネル形

成領域に好適に用いることができる。

【0067】

次に、このようなゲルマニウムを含む結晶質シリコン膜の作製方法を図面を用いて詳細に説明する。

【0068】

[実施形態1]

図11で説明する結晶質半導体膜の作製方法は、ゲルマニウムを含む非晶シリコン膜の全面にシリコンの結晶化を助長する金属元素を添加して結晶化を行う方法である。まず、図11(A)において、ガラス基板201はコーニング社の#1773ガラス基板に代表されるガラス基板を用いる。基板201の表面には、ブロッキング層202としてプラズマCVD法で SiH_4 と N_2O を用い酸化窒化シリコン膜を100nmの厚さに形成する。ブロッキング層202はガラス基板に含まれるアルカリ金属がこの上層に形成する半導体膜中に拡散しないために設ける。

【0069】

ゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜203はプラズマCVD法により作製し、 SiH_4 と H_2 で10%に希釈された GeH_4 ガスを反応室に導入し、グロー放電分解して基板201上に堆積させる。その詳細な条件は表1に従うが、ここで採用される条件は#SGN5または#SGN10の条件、或いはその中間的な条件である。このゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜203の厚さは50nmの厚さで形成する。ゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜203の酸素、窒素、炭素などの不純物を極力低減するために、 SiH_4 は純度99.9999%以上のものを、 GeH_4 は純度99.99%以上のガスを用いる。また、プラズマCVD装置の仕様としては、反応室の容積13Lの反応室に対し、一段目に排気速度300L/秒の複合分子ポンプ、二段目に排気速度40m³/hrのドライポンプを設け、排気系側から有機物の蒸気が逆拡散してくるのを防ぐと共に、反応室の到達真空度を高め、非晶質半導体膜の形成時に不純物元素が膜中に取り込まれることを極力防いでいる。

【0070】

そして図 1 1 (B) で示すように、重量換算で 1 0 p p m のニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布してニッケル含有層 2 0 4 を形成する。この場合、当該溶液の馴染みをよくするために、ゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜 2 0 3 の表面処理として、オゾン含有水溶液で極薄い酸化膜を形成し、その酸化膜をフッ酸と過酸化水素水の混合液でエッチングして清浄な表面を形成した後、再度オゾン含有水溶液で処理して極薄い酸化膜を形成しておく。シリコンの表面は本来疎水性なので、このように酸化膜を形成しておくことにより酢酸ニッケル塩溶液を均一に塗布することができる。

【 0 0 7 1 】

次に、5 0 0 °C にて 1 時間の加熱処理を行い、ゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜中の水素を放出させる。そして、5 5 0 °C にて 4 時間に加熱処理を行い結晶化を行う。こうして、図 1 1 (C) に示す結晶質半導体膜 2 0 5 が形成される。

【 0 0 7 2 】

さらに結晶化率（膜の全体積における結晶成分の割合）を高め、結晶粒内に残される欠陥を補修するために、結晶質半導体膜 2 0 5 に対してレーザー光 2 0 6 を照射するレーザー処理を行う。レーザーは波長 3 0 8 n m にて 3 0 H z で発振するエキシマレーザー光を用いる。当該レーザー光は光学系にて 4 0 0 ~ 6 0 0 m J / c m² に集光し、9 0 ~ 9 5 % のオーバーラップ率をもってレーザー処理を行う。こうして図 1 1 (D) に示す結晶質半導体膜 2 0 7 を得ることができる。

【 0 0 7 3 】

[実施形態 2]

非晶質半導体膜の結晶化を助長する金属元素を選択的に形成する方法を図 1 2 を用いて説明する。図 1 2 (A) において、基板 2 2 0 は前述のガラス基板または石英基板を採用する。ガラス基板を用いる場合には、実施形態 1 と同様にブロッキング層を設ける。

【 0 0 7 4 】

ゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜 2 2 1 は実施形態 1 と同様にプラズマ C

VD法で形成しても良いし、イオン注入法またはイオンドープ法によりゲルマニウムを導入しても良い。また、減圧CVD法で、 Si_2H_6 と GeH_4 を450～500℃の温度で分解して形成する方法も採用可能である。

【0075】

そして、ゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜221上に150nmの厚さの酸化シリコン膜222を形成する。酸化シリコン膜の作製方法は限定されないが、例えば、オルトケイ酸テトラエチル (Tetraethyl Ortho Silicate: TEOS) と O_2 とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300～400℃とし、高周波(13.56MHz)電力密度0.5～0.8W/cm²で放電させ形成する。

【0076】

次に、酸化シリコン膜222に開孔部223を形成し、重量換算で10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液を塗布する。これにより、ニッケル含有層724が形成され、ニッケル含有層224は開孔部223の底部のみでゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜221と接触する。

【0077】

結晶化は、加熱処理の温度500～650℃で4～24時間、例えば570℃にて14時間の熱処理を行う。この場合、結晶化はニッケルが接した非晶質シリコン膜の部分が最初に結晶化し、そこから基板の表面と平行な方向に結晶化が進行する。こうして形成された結晶質シリコン膜225は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。その後、酸化シリコン膜222を除去すれば結晶質シリコン膜225を得ることができる。

【0078】

[実施形態3]

実施形態1、2で説明する方法に従い作製される結晶質シリコン膜には結晶化において利用した金属元素が残存している。それは膜中において一様に分布していないにしろ、平均的な濃度とすれば、 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ を越える濃度で残存している。勿論、このような状態でもTFETをはじめ各種半導体装置のチャネル

形成領域に用いることが可能であるが、より好ましくは、ゲッタリングにより当該金属元素を除去することが望ましい。

【 0 0 7 9 】

本実施形態はゲッタリング方法の一例を図 1 3 を用いて説明する。図 1 3 (A) において、基板 2 3 0 は実施形態 1 のガラス基板、或いは石英基板が採用される。ガラス基板を用いる場合には、実施形態 1 と同様にブロッキング層を設ける。また、結晶質シリコン膜 2 3 1 は実施形態 1 または 2 のいずれの方法で作製されたものであっても同様である。結晶質シリコン膜 2 3 1 の表面には、マスク用の酸化シリコン膜 2 3 2 が 1 5 0 n m の厚さに形成され、開孔部 2 3 3 が設けられ結晶質シリコン膜が露出した領域が設けられている。実施形態 2 に従う場合には、図 1 2 (A) で示す酸化シリコン膜 2 2 2 をそのまま利用可能であり、図 1 2 (B) の工程の後からそのまま本実施例の工程に移行することもできる。そして、イオンドープ法によりリンを添加して、 $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{22} / \text{cm}^3$ の濃度のリン添加領域 2 3 5 を形成する。

【 0 0 8 0 】

そして、図 1 3 (B) に示すように、窒素雰囲気中で 5 5 0 ~ 8 0 0 °C、5 ~ 2 4 時間、例えば 6 0 0 °C にて 1 2 時間の熱処理を行うと、リン添加領域 2 3 5 がゲッタリングサイトとして働き、結晶質シリコン膜 2 3 1 に残存していた触媒元素はリン添加領域 2 3 5 に偏析させることができる。

【 0 0 8 1 】

その後、図 1 3 (C) で示すようにマスク用の酸化シリコン膜 2 3 2 と、リンが添加領域 2 3 5 とをエッチングして除去することにより、結晶化の工程で使用した金属元素の濃度が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 未満にまで低減された結晶質シリコン膜 2 3 6 を得ることができる。

【 0 0 8 2 】

【実施例】

次に、このようなゲルマニウムを含む結晶質シリコン膜を利用して、T F T を作製する例を示すが、本発明がこれら実施例に限定されないことは勿論である。

【 0 0 8 3 】

[実施例 1]

本実施例は、 n チャネル型 T F T を作製する例であり、図 1 5 を用いて説明する。図 1 5 (A) において、基板 3 0 1 上にゲルマニウムを含有する結晶質シリコン膜を形成する。ゲルマニウムを含有する結晶質シリコン膜 3 2 0 は実施形態 1 ~ 3 で示す方法により作製されるいずれのものを適用しても良い。T F T を作製するに当たっては、素子分離のため所定の大きさにエッチングし、島状に分割する。基板 3 0 1 がガラス基板である場合には、ブロッキング層 3 0 2 を設ける。絶縁膜 3 0 4 は T F T においてゲート絶縁膜として利用されるものであり 3 0 ~ 2 0 0 nm の厚さで形成する。

【0084】

ブロッキング層 2 0 2 としてプラズマ C V D 法で SiH_4 と N_2O を用い酸化窒化シリコン膜を 5 0 ~ 2 0 0 nm の厚さに形成する。その他の形態として、プラズマ C V D 法で SiH_4 と NH_3 と N_2O から作製される酸化窒化シリコン膜を 5 0 nm、 SiH_4 と N_2O から作製される酸化窒化シリコン膜を 1 0 0 nm 積層させた 2 層構造や、或いは、窒化シリコン膜と T E O S (Tetraethyl Ortho Silicate) を用いて作製される酸化シリコン膜を積層させた 2 層構造としても良い。

【0085】

そして、光露光プロセスによりレジストによるマスク 3 2 1 を形成し、半導体膜 3 2 0 にイオン注入またはイオンドーピング法により n 型の不純物 (ドナー) をドーピングする。作製される第 3 不純物領域 3 2 2 において、ドーピングされる濃度は $1 \times 10^{17} \sim 2 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲となるようにする。

【0086】

絶縁膜 3 0 4 上には、タンタル、タングステン、チタン、アルミニウム、モリブデンから選ばれた一種または複数種の元素を成分とする導電性材料でゲート電極 3 2 3 を形成する。ゲート電極 3 2 3 の一部は第 3 不純物領域 3 2 2 とゲート絶縁膜を介して一部が重なるように形成する。

【0087】

その後、図 1 5 (C) に示すように、ゲート電極 3 2 3 をマスクとして n 型の不純物 (ドナー) をドーピングし、自己整合的に第 4 不純物領域 3 2 4 を形成す

る。第4不純物領域324の不純物濃度は、 $1 \times 10^{17} \sim 2 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲となるようにする。

【0088】

その後、プラズマCVD法により作製される窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜により層間絶縁膜325を形成する。また、添加された不純物元素は活性化のために $350 \sim 500^\circ\text{C}$ の加熱処理が必要とされるが、この加熱処理は層間絶縁膜325を形成した後に行い、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜中に含まれる水素を放出させ、ゲルマニウムを含有する結晶質シリコン膜320に拡散させることにより、当該結晶質シリコン膜中の欠陥を水素で補償することができる。さらに、ソース及びドレイン電極326を形成しTFTを得ることができる。

【0089】

結晶質シリコン膜320にはチャンネル形成領域327、第3不純物領域で形成されるLDD領域322、第4不純物領域で形成されるソースまたはドレイン領域324が形成されている。本発明で得られる $\{101\}$ の配向性の高いゲルマニウムを含有する結晶質シリコン膜で形成されるチャンネル形成領域327は、ゲート絶縁膜との界面特性が良好であり、結晶粒界及び結晶粒内の欠陥密度が低減し、高い電界効果移動度を得ることができる。また、LDD領域322はゲート電極323とオーバーラップして形成され、ドレイン端における電界の集中を緩和して、ホットキャリアによる劣化を防いでいる。勿論シングルドレインや、LDD構造でnチャンネル型TFTを作製することもできる。本発明で作製されるTFTは、アクティブマトリクス型の液晶表示装置やEL表示装置を作製するためのTFTとて、また従来の半導体基板にて作製されるLSIに代わる薄膜集積回路を実現するTFTとして用いることができる。

【0090】

また、上記本実施例においてチャンネル形成領域へ微量な不純物元素の添加を行い、TFTのしきい値電圧を制御を行う工程を加えてもよい。

【0091】

本実施例で示すnチャンネル型TFTを用いてNAND回路、NOR回路のような基本論理回路を構成したり、さらに複雑なロジック回路（信号分割回路、オペ

アンプ、 γ 補正回路など)をも構成することができる。

【0092】

[実施例2]

本実施例は、pチャネル型TFTを作製する例であり、図14を用いて説明する。図14(A)において、基板301上にゲルマニウムを含有する結晶質シリコン膜を形成する。ゲルマニウムを含有する結晶質シリコン膜303は実施形態1～3で示す方法により作製されるいずれのものも適用可能である。TFTを作製するに当たっては、素子分離のため所定の大きさにエッチングし、島状に分割しておく。基板301がガラス基板である場合には、ブロッキング層302を設ける。

【0093】

半導体膜303上に形成する絶縁膜304はゲート絶縁膜として利用されるものであり30～200nmの厚さで形成する。この絶縁膜304はプラズマCVD法により SiH_4 と N_2O とから作製される酸化窒化シリコン膜、或いはTEOSと N_2O とから作製される酸化窒化シリコン膜などで形成する。本実施例では前者を選択し、70nmの厚さに形成する。

【0094】

絶縁膜304上には、タンタル(Ta)、タングステン(W)、チタン(Ti)、アルミニウム(Al)、モリブデン(Mo)から選ばれた一種または複数種の元素を成分とする導電性膜を形成する。そして、光露光プロセスによりレジストのマスク305を形成し、ドライエッチングにより第1形状の導電膜306を形成する。第1の形状の導電膜は、端部がテーパー状に形成する。エッチング条件は適宜決定すれば良いが、例えば、Wの場合には CF_4 と Cl_2 の混合ガスを用い、基板を負にバイアスすることにより良好にエッチングすることができる。そして、ソース及びドレイン領域を形成する第1不純物領域307を形成する。この不純物領域307はイオンドーピング法により形成し、ボロンに代表される周期律表第13族の元素をドーピングする。第1不純物領域307の不純物濃度は、 $1 \times 10^{20} \sim 2 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の範囲となるようにする。

【0095】

次に、図14 (B) に示すように第1形状の導電膜306の端部が後退するようにエッチングして第2形状の導電膜308を形成する。本実施例の構造ではこれをゲート電極とする。ゲート電極の形成には2回のエッチング工程を用いるが、そのエッチング条件は適宜決定されるものである。例えば、Wの場合には CF_4 と Cl_2 の混合ガスを用い、基板を負にバイアスすることにより良好に端部がテーパー形状に加工することができる。また、 CF_4 と Cl_2 に酸素を混合させることにより、下地と選択性良く、Wを異方性エッチングエッチングをすることができる。

【0096】

その後、図14 (C) に示すように、第2形状の導電膜308をマスクとしてp型の不純物（アクセプタ）をドーピングし、自己整合的に第2不純物領域309を形成する。第2不純物領域309の不純物濃度は、 $1 \times 10^{17} \sim 2 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲となるようにする。

【0097】

その後、プラズマCVD法により作製される窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜により層間絶縁膜310を形成する。また、添加された不純物元素は活性化のために $350 \sim 500^\circ\text{C}$ の加熱処理が必要とされるが、この加熱処理は層間絶縁膜310を形成した後に行い、窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜中に含まれる水素を放出させ、ゲルマニウムを含有する結晶質シリコン膜303に拡散させることにより、当該結晶質シリコン膜中の欠陥を水素で補償することができる。さらに、ソース及びドレイン電極311を形成しTFTを得ることができる。

【0098】

結晶質シリコン膜303にはチャンネル形成領域312、第2不純物領域で形成されるLDD (Lightly Doped Drain) 領域309、第1不純物領域で形成されるソースまたはドレイン領域304が形成されている。本発明で得られる{101}の配向性の高いゲルマニウムを含有する結晶質シリコン膜で形成されるチャンネル形成領域312は、ゲート絶縁膜との界面特性が良好であり、結晶粒界及び結晶粒内の欠陥密度が低減し、高い電界効果移動度を得ることができる。ここでは、pチャンネル型TFTをLDD構造で示したが、勿論シングルドレインや、或

いはLDDがゲート電極とオーバーラップした構造で作製することもできる。本発明で作製されるTFTは、アクティブマトリクス型の液晶表示装置やEL表示装置を作製するためのTFTとて、また従来の半導体基板にて作製されるLSIに代わる薄膜集積回路を実現するTFTとして用いることができる。

【0099】

また、上記本実施例においてチャネル形成領域へ微量な不純物元素の添加を行い、TFTのしきい値電圧を制御を行う工程を加えてもよい。

【0100】

本実施例で示すPチャネル型TFTを用いて基本論理回路を構成したり、さらに複雑なロジック回路（信号分割回路、D/Aコンバータ、オペアンプ、 γ 補正回路など）をも構成することができ、さらにはメモリやマイクロプロセッサをも形成しうる。例えば、液晶表示装置の駆動回路を全てPチャネル型TFTで構成することも可能である。

【0101】

[実施例3]

本実施例は、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTとを相補的に組み合わせたCMOS型のTFTを作製する一例について図16を用いて説明する。図16(A)において、基板301上にゲルマニウムを含有する結晶質シリコン膜を形成する。ゲルマニウムを含有する結晶質シリコン膜は実施形態1～3で示す方法により作製されるいずれのものも適用可能である。TFTを作製するに当たっては、素子分離のため所定の大きさにエッチングし、島状に分割して半導体層331、332を形成する。基板301がガラス基板である場合には、ブロッキング層302を設ける。

【0102】

ブロッキング層602としてプラズマCVD法で SiH_4 と N_2O を用い酸化窒化シリコン膜を50～200nmの厚さに形成する。その他の形態として、プラズマCVD法で SiH_4 と NH_3 と N_2O から作製される酸化窒化シリコン膜を50nm、 SiH_4 と N_2O から作製される酸化窒化シリコン膜を100nm積層させた2層構造や、或いは、窒化シリコン膜とTEOS (Tetraethyl Ortho Silic

ate) を用いて作製される酸化シリコン膜を積層させた 2 層構造としても良い。

【 0 1 0 3 】

ブロッキング層 3 0 2 及びその上に形成する非晶質半導体膜はいずれもプラズマ CVD 法で形成することが可能であり、これらの層を連続して、シングルチャンバー方式の CVD 装置において同一反応室中で、或いは、マルチチャンバー方式の CVD 装置において各反応室間を移動させながら連続して形成することができる。いずれにしても、大気解放せずに成膜することでブロッキング層と非晶質半導体膜の界面を清浄にしておくことができる。

【 0 1 0 4 】

絶縁膜 3 3 3 はゲート絶縁膜として利用するものであり、プラズマ CVD 法またはスパッタ法を用い、膜厚を 4 0 ~ 1 5 0 n m の厚さで形成する。本実施例では、7 0 n m の厚さで酸化窒化シリコン膜を用いて形成する。特に、 SiH_4 と N_2O に O_2 を添加させて作製する酸化窒化シリコン膜は膜中の固定電荷密度を低減させることが可能となり、ゲート絶縁膜として好ましい材料である。勿論、ゲート絶縁膜はこのような酸化窒化シリコン膜に限定されるものでなく、酸化シリコン膜や酸化タンタル膜などの絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【 0 1 0 5 】

そして、絶縁膜 3 3 3 上にゲート電極を形成するための第 1 導電膜 3 3 4 と第 2 導電膜 3 3 5 とを形成する。本実施例では、第 1 導電膜 3 3 4 を窒化タンタルまたはチタンで 5 0 ~ 1 0 0 n m の厚さに形成し、第 2 導電膜 3 3 5 をタングステンで 1 0 0 ~ 3 0 0 n m の厚さに形成する。これらの材料は、窒素雰囲気中における 4 0 0 ~ 6 0 0 °C の熱処理でも安定であり、抵抗率が著しく増大することはない。

【 0 1 0 6 】

次に図 1 6 (B) に示すように、レジストによるマスク 3 3 6 を形成し、ゲート電極を形成するための第 1 のエッチング処理を行う。エッチング方法に限定はないが、好適には ICP (Inductively Coupled Plasma: 誘導結合型プラズマ) エッチング法を用いる。エッチング用ガスに CF_4 と Cl_2 を混合し、0. 5 ~ 2

Pa、好ましくは1 Paの圧力でコイル型の電極に500 WのRF (13.56 MHz) 電力を投入してプラズマを生成して行う。基板側(試料ステージ)にも100 WのRF (13.56 MHz) 電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。 CF_4 と Cl_2 を混合した場合にはタングステン膜、窒化タンタル膜及びチタン膜の場合でも、それぞれ同程度の速度でエッチングすることができる。

【0107】

上記エッチング条件では、レジストによるマスクの形状と、基板側に印加するバイアス電圧の効果により端部をテーパ形状とすることができる。テーパ部の角度は $15 \sim 45^\circ$ となるようにする。また、ゲート絶縁膜上に残渣を残すことなくエッチングするためには、10~20%程度の割合でエッチング時間を増加させると良い。W膜に対する酸化窒化シリコン膜の選択比は2~4(代表的には3)であるので、オーバーエッチング処理により、酸化窒化シリコン膜が露出した面は20~50 nm程度エッチングされる。こうして、第1のエッチング処理により第1導電膜と第2導電膜から成る第1形状の導電層337、338(第1の導電層337a、338aと第2導電層337b、338b)を形成する。339はゲート絶縁膜であり、第1の形状の導電層で覆われない領域は20~50 nm程度エッチングされ薄くなる。

【0108】

そして、第1のドーピング処理を行いn型の不純物(ドナー)をドーピングする。その方法はイオンドープ法若しくはイオン注入法で行う。イオンドープ法の条件はドーズ量を $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} / \text{cm}^2$ として行う。n型を付与する不純物元素として15族に属する元素、典型的にはリン(P)または砒素(As)を用いる。この場合、第1形状の導電層337、338はドーピングする元素に対してマスクとなり、加速電圧を適宜調節(例えば、20~60 keV)して、ゲート絶縁膜339を通過した不純物元素により第5不純物領域340、341を形成する。例えば、第1の不純物領域725~729におけるリン(P)濃度は $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の範囲となるようにする。

【0109】

さらに図16 (C) に示すように第2のエッチング処理を行う。エッチングはICPエッチング法を用い、エッチングガスに CF_4 と Cl_2 と O_2 を混合して、1 Paの圧力でコイル型の電極に500 WのRF電力(13.56 MHz)を供給してプラズマを生成する。基板側(試料ステージ)には50 WのRF(13.56 MHz)電力を投入し、第1のエッチング処理に比べ低い自己バイアス電圧を印加する。このような条件によりタングステン膜を異方性エッチングし、第1の導電層である窒化タンタル膜またはチタン膜を残存させるようにする。こうして、第2形状の導電層342、343(第1の導電膜342a、343aと第2の導電膜342b、343b)を形成する。346はゲート絶縁膜であり、第2の形状の導電層342、343で覆われない領域はさらに20~50 nm程度エッチングされて膜厚が薄くなる。

【0110】

そして、図16 (D) に示すように第2のドーピング処理を行う。第1のドーピング処理よりもドーズ量を下げ高加速電圧の条件でn型の不純物(ドナー)をドーピングする。例えば、加速電圧を70~120 keVとし、 $1 \times 10^{13} / \text{cm}^2$ のドーズ量で行い、図16 (C) で島状半導体膜に形成された第1の不純物領域の内側に不純物領域を形成する。ドーピングは、第2の導電膜342b、343bを不純物元素に対するマスクとして用い、第1の導電膜342a、342aの下側の領域に不純物元素が添加されるようにドーピングする。こうして、第1の導電膜342a、343aと重なる第6不純物領域344、345が形成される。この不純物領域は、第2の導電層342a、343aがほぼ同じ膜厚で残存していることから、第2の導電層に沿った方向における濃度差は小さく、 $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の濃度で形成する。

【0111】

そして、図16 (E) に示すように、第3のエッチング処理を行い、ゲート絶縁膜346のエッチング処理を行う。その結果、第2の導電膜もエッチングされ、端部が後退して小さくなり、第3形状の導電層347、348が形成される。図中で349は残存するゲート絶縁膜である。

【0112】

そして図 1 6 (F) に示すように、レジストによるマスク 3 5 0 を形成し、p チャンネル型 T F T を形成する島状半導体層 3 3 1 に p 型の不純物 (アクセプタ) をドーピングする。典型的にはボロン (B) を用いる。第 7 の不純物領域 3 5 1、3 5 2 の不純物濃度は $2 \times 10^{20} \sim 2 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ となるようにし、含有するリン濃度の 1. 5 ~ 3 倍のボロンを添加して導電型を反転させる。

【 0 1 1 3 】

以上までの工程でそれぞれの島状半導体層に不純物領域が形成される。第 3 形状の導電層 3 4 7、3 4 8 はゲート電極となる。その後、図 1 6 (E) に示すように、窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜から成る保護絶縁膜 353 をプラズマ C V D 法で形成する。そして導電型の制御を目的としてそれぞれの島状半導体層に添加された不純物元素を活性化する工程を行う。活性化はファーンেসアニール炉を用いる熱アニール法で行うことが好ましい。その他に、レーザーアニール法、またはラピッドサーマルアニール法 (R T A 法) を適用することもできる。熱アニール法では酸素濃度が 1 p p m 以下、好ましくは 0. 1 p p m 以下の窒素雰囲気中で 4 0 0 ~ 7 0 0 °C、代表的には 4 0 0 ~ 6 0 0 °C で行うものであり、本実施例では 5 0 0 °C で 4 時間の熱処理を行う。

【 0 1 1 4 】

さらに、窒化シリコン膜 3 5 4 を形成し、3 5 0 ~ 5 0 0 °C の加熱処理を行う。その結果、窒化シリコン膜 3 5 4 中の水素が放出させ、島状半導体膜中に拡散させることで水素化を達成することができる。

【 0 1 1 5 】

層間絶縁膜 3 5 5 は、ポリイミド、アクリルなどの有機絶縁物材料で形成し表面を平坦化する。勿論、プラズマ C V D 法で T E O S (Tetraethyl Ortho silicate) を用いて形成される酸化シリコン膜を適用しても良いが、平坦性を高める観点からは前記有機物材料を用いることが望ましい。

【 0 1 1 6 】

次いで、コンタクトホールを形成し、アルミニウム (A l)、チタン (T i)、タンタル (T a) などを用いて、ソースまたはドレイン配線 3 5 6 ~ 3 5 9 を形成する。

【0117】

pチャネル型TFT365にはチャネル形成領域360、ソース領域またはドレイン領域として機能する第7の不純物領域349、350を有している。nチャネル型TFT366はチャネル形成領域361、第3形状の導電層348から成るゲート電極と重なる第6不純物領域362a (Gate Overlapped Drain: G O L D領域)、ゲート電極の外側に形成される第6不純物領域362b (L D D領域)とソース領域またはドレイン領域として機能する第5不純物領域363を有している。

【0118】

以上の工程で、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTとを相補的に組み合わせたCMOS型のTFTを得ることができる。nチャネル型TFTはチャネル形成領域とドレイン領域との間にLDD領域が形成され、ドレイン端における電界の集中を防いでいる。このようなCMOS型のTFTは、アクティブマトリクス型の液晶表示装置やEL表示装置の駆動回路を形成することを可能とする。それ以外にも、このようなnチャネル型TFTまたはpチャネル型TFTは、画素部を形成するトランジスタに応用することができる。さらに、従来の半導体基板にて作製されるLSIに代わる薄膜集積回路を実現するTFTとして用いることができる。

【0119】

このようなCMOS回路を組み合わせることで基本論理回路を構成したり、さらに複雑なロジック回路(信号分割回路、D/Aコンバータ、オペアンプ、 γ 補正回路など)をも構成することができ、さらにはメモリやマイクロプロセッサをも形成することが可能である。

【0120】

[実施例4]

本実施例は、画素部と駆動回路が同一基板上に形成されたモノシリック型の液晶表示装置の構成例を図17、18を用いて説明する。画素部におけるスイッチング用のTFTと駆動回路のnチャネル型及びpチャネル型のTFTは、いずれも本発明のゲルマニウムを含む結晶質シリコン膜を用いて活性領域を形成してい

る。ゲルマニウムを含有する結晶質シリコン膜は実施形態 1 ～ 3 で示す方法により作製されるいずれのものを適用しても良い。

【 0 1 2 1 】

図 1 7 において、基板 4 0 1 は、好適にはバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板などを用いる。その他に石英基板を用いても良い。ガラス基板を用いる場合にはブロッキング層 4 0 2 が形成される。

【 0 1 2 2 】

画素部 4 4 5 におけるスイッチング用の画素 T F T 4 4 2 と駆動回路 4 4 4 の n チャネル型 T F T 4 4 1 及び p チャネル型 T F T 4 4 0 の構造に限定はないが、本実施例では実施例 3 により作製される T F T を用いて説明する。勿論、実施例 1 または実施例 2 の T F T を採用することも可能である。

【 0 1 2 3 】

駆動回路 4 4 4 には配線 4 0 8、4 1 7 及びソースまたはドレイン配線 4 1 8 ～ 4 2 1 が形成されている。また、画素部 4 4 5 においては、画素電極 4 2 4、ゲート配線 4 2 3、接続電極 4 2 2、ソース配線 4 0 9 が形成されている。

【 0 1 2 4 】

駆動回路 4 4 4 の p チャネル型 T F T 4 5 3 には、半導体層 4 0 3 にチャネル形成領域 4 2 6、ソース領域またはドレイン領域として機能する第 7 不純物領域 4 2 7 を有している。

【 0 1 2 5 】

n チャネル型 T F T 4 4 1 には、半導体層 4 0 4 にチャネル形成領域 4 2 8、第 3 形状の導電層 4 1 1 から成るゲート電極と重なる第 6 不純物領域 4 2 9 a (Gate Overlapped Drain : G O L D 領域)、ゲート電極の外側に形成される第 6 不純物領域 4 2 9 b (L D D 領域) とソース領域またはドレイン領域として機能する第 5 不純物領域 4 3 0 を有している。

【 0 1 2 6 】

画素 T F T 4 4 2 には、半導体層 4 0 5 にチャネル形成領域 4 3 1、ゲート電極を形成する第 3 形状の導電層 4 1 2 と重なる第 6 不純物領域 4 3 2 a (G O L D 領域)、ゲート電極の外側に形成される第 6 不純物領域 4 3 2 b (L D D 領域

）とソース領域またはドレイン領域として機能する第5不純物領域433、434、435を有している。また、保持容量443の一方の電極として機能する半導体層406は第6不純物領域437、第5不純物領域438と不純物が添加されない領域436が形成されている。

【0127】

画素部445においては、接続電極422によりソース配線409は、画素TFT442のソースまたはドレイン領域433と電気的な接続が形成される。また、ゲート配線423は、ゲート電極として機能する第3形状の導電層412と電気的な接続が形成される。また、画素電極424は、画素TFT442のソースまたはドレイン領域435及び保持容量443の一方の電極である半導体層406の不純物領域438と接続している。

【0128】

図17における画素部445の断面図は、図18で示すA-A'線に対応したものである。ゲート電極として機能する第3形状の導電層412は隣接する画素の保持容量の一方の電極を兼ね、画素電極452と接続する半導体層453と重なる部分で容量を形成している。また、ソース配線407と画素電極424及び隣接する画素電極451との配置関係は、画素電極424、451の端部をソース配線407上に設け、重なり部を形成することにより、迷光を遮り遮光性を高めている。

【0129】

[実施例5]

実施例1に示すnチャネル型TFTは、チャネル形成領域となる半導体に周期表の15族に属する元素（好ましくはリン）もしくは周期表の13族に属する元素（好ましくはボロン）を添加することによりエンハンスメント型とデプレッション型とを作り分けることができる。

【0130】

また、nチャネル型TFTを組み合わせてNMOS回路を形成する場合、エンハンスメント型TFT同士で形成する場合（以下、EEMOS回路という）と、エンハンスメント型とデプレッション型とを組み合わせて形成する場合（以下、

EDMOS回路という)がある。

【0131】

ここでEEMOS回路の例を図19(A)に、EDMOS回路の例を図19(B)に示す。図19(A)において、31、32はどちらもエンハンスメント型のnチャンネル型TFT(以下、E型NTFTという)である。また、図19(B)において、33はE型NTFT、34はデプレッション型のnチャンネル型TFT(以下、D型NTFTという)である。

【0132】

なお、図19(A)、(B)において、VDHは正の電圧が印加される電源線(正電源線)であり、VDLは負の電圧が印加される電源線(負電源線)である。負電源線は接地電位の電源線(接地電源線)としても良い。

【0133】

さらに、図19(A)に示したEEMOS回路もしくは図19(B)に示したEDMOS回路を用いてシフトレジスタを作製した例を図20に示す。図20において、40、41はフリップフロップ回路である。また、42、43はE型NTFTであり、E型NTFT42のゲートにはクロック信号(CL)が入力され、E型NTFT43のゲートには極性の反転したクロック信号(CLバー)が入力される。また、44で示される記号はインバータ回路であり、図20(B)に示すように、図19(A)に示したEEMOS回路もしくは図19(B)に示したEDMOS回路が用いられる。従って、液晶表示装置の駆動回路を全てnチャンネル型TFTで構成することも可能である。

【0134】

[実施例6]

ここでは、上記実施例1～5で得られるTFTを用いてEL(エレクトロルミネセンス)表示装置を作製した例について図21、図22を用い、以下に説明する。

【0135】

同一の絶縁体上に画素部とそれを駆動する駆動回路を有した発光装置の例(但し封止前の状態)を図21に示す。なお、駆動回路には基本単位となるCMOS

回路を示し、画素部には一つの画素を示す。このCMOS回路は実施例3に従えば得ることができる。

【0136】

図21において、600は絶縁体であり、その上にはnチャネル型TFT601、pチャネル型TFT602、pチャネル型TFTからなるスイッチングTFT603およびnチャネル型TFTからなる電流制御TFT604が形成されている。また、本実施例では、TFTはすべて逆スタガ型TFTで形成されている。

【0137】

nチャネル型TFT601およびpチャネル型TFT602の説明は実施例3を参照すれば良いので省略する。また、スイッチングTFT603はソース領域およびドレイン領域の間に二つのチャネル形成領域を有した構造（ダブルゲート構造）となっているが、実施例2でのpチャネル型TFTの構造の説明を参照すれば容易に理解できるので説明は省略する。なお、本実施例はダブルゲート構造に限定されることなく、チャネル形成領域が一つ形成されるシングルゲート構造もしくは三つ形成されるトリプルゲート構造であっても良い。

【0138】

また、電流制御TFT604のドレイン領域605の上には第2層間絶縁膜607が設けられる前に、第1層間絶縁膜606にコンタクトホールが設けられている。これは第2層間絶縁膜607にコンタクトホールを形成する際に、エッチング工程を簡単にするためである。第2層間絶縁膜607にはドレイン領域605に到達するようにコンタクトホールが形成され、ドレイン領域605に接続された画素電極608が設けられている。画素電極608はEL素子の陰極として機能する電極であり、周期表の1族もしくは2族に属する元素を含む導電膜を用いて形成されている。本実施例では、リチウムとアルミニウムとの化合物からなる導電膜を用いる。

【0139】

次に、613は画素電極608の端部を覆うように設けられた絶縁膜であり、本明細書中ではバンクと呼ぶ。バンク613は珪素を含む絶縁膜もしくは樹脂膜

で形成すれば良い。樹脂膜を用いる場合、樹脂膜の比抵抗が $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^{12} \Omega \text{m}$ （好ましくは $1 \times 10^8 \sim 1 \times 10^{10} \Omega \text{m}$ ）となるようにカーボン粒子もしくは金属粒子を添加すると、成膜時の絶縁破壊を抑えることができる。

【0140】

また、EL素子609は画素電極（陰極）608、EL層611および陽極612からなる。陽極612は、仕事関数の大きい導電膜、代表的には酸化物導電膜が用いられる。酸化物導電膜としては、酸化インジウム、酸化スズ、酸化亜鉛もしくはそれらの化合物を用いれば良い。

【0141】

なお、本明細書中では発光層に対して正孔注入層、正孔輸送層、正孔阻止層、電子輸送層、電子注入層もしくは電子阻止層を組み合わせた積層体をEL層と定義する。

【0142】

EL層は公知の有機EL材料または無機EL材料を用いることができる。また、有機EL材料には低分子系（モノマー系）材料と高分子系（ポリマー系）材料があるがどちらを用いても良い。また、EL層として一重項励起により発光（蛍光）する発光材料（シングレット化合物）からなる薄膜、または三重項励起により発光（リン光）する発光材料（トリプレット化合物）からなる薄膜を用いることができる。

【0143】

なお、ここでは図示しないが陽極612を形成した後、EL素子609を完全に覆うようにしてパッシベーション膜を設けることは有効である。パッシベーション膜としては、炭素膜、窒化珪素膜もしくは窒化酸化珪素膜を含む絶縁膜からなり、該絶縁膜を単層もしくは組み合わせた積層で用いる。

【0144】

次いで、EL素子を保護するための封止（または封入）工程まで行った後のEL表示装置について図22（A）、（B）を用いて説明する。

【0145】

図22（A）は、EL素子の封止までを行った状態を示す上面図、図22（B

）は図22（A）をA-A'で切断した断面図である。点線で示された701は画素部、702はソース側駆動回路、703はゲート側駆動回路である。また、704はカバー材、705は第1シール材、706は第2シール材である。

【0146】

なお、708はソース側駆動回路702及びゲート側駆動回路703に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC（フレキシブルプリントサーキット）708からビデオ信号やクロック信号を受け取る。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基盤（PWB）が取り付けられていても良い。

【0147】

次に、断面構造について図22（B）を用いて説明する。絶縁体700の上方には画素部、ソース側駆動回路709が形成されており、画素部は電流制御TFT710とそのドレインに電氣的に接続された画素電極711を含む複数の画素により形成される。また、ソース側駆動回路709はnチャネル型TFTとpチャネル型TFTとを組み合わせたCMOS回路を用いて形成される。なお、絶縁体700には偏光板（代表的には円偏光板）を貼り付けても良い。

【0148】

また、画素電極711の両端にはバンク712が形成され、画素電極711上にはEL層713およびEL素子の陽極714が形成される。陽極714は全画素に共通の配線としても機能し、接続配線715を経由してFPC716に電氣的に接続されている。さらに、画素部及びソース側駆動回路709に含まれる素子は全てパッシベーション膜（図示しない）で覆われている。

【0149】

また、第1シール材705によりカバー材704が貼り合わされている。なお、カバー材704とEL素子との間隔を確保するためにスペーサを設けても良い。そして、第1シール材705の内側には空隙717が形成されている。なお、第1シール材705は水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。さらに、空隙717の内部に吸湿効果をもつ物質や酸化防止効果をもつ物質を設けることは有効である。

【 0 1 5 0 】

なお、カバー材 7 0 4 の表面および裏面には保護膜として炭素膜（具体的にはダイヤモンドライクカーボン膜）を 2 ～ 3 0 n m の厚さに設けると良い。このような炭素膜（ここでは図示しない）は、酸素および水の侵入を防ぐとともにカバー材 7 0 4 の表面を機械的に保護する役割をもつ。

【 0 1 5 1 】

また、カバー材 7 0 4 を接着した後、第 1 シール材 7 0 5 の露呈面を覆うように第 2 シール材 7 0 6 を設けている。第 2 シール材 7 0 6 は第 1 シール材 7 0 5 と同じ材料を用いることができる。

【 0 1 5 2 】

以上のような構造で E L 素子を封入することにより、E L 素子を外部から完全に遮断することができ、外部から水分や酸素等の E L 層の酸化による劣化を促す物質が侵入することを防ぐことができる。従って、信頼性の高い E L 表示装置が得られる。

【 0 1 5 3 】

[実施例 7]

本実施例では、実施例 4 で得られる E L 表示装置において、画素部のさらに詳細な上面構造を図 2 3 （ A ）に、回路図を図 2 3 （ B ）に示す。図 2 3 （ A ）及び図 2 3 （ B ）では共通の符号を用いるので互いに参照すれば良い。

【 0 1 5 4 】

スイッチング用 T F T 8 0 2 のソースはソース配線 8 1 5 に接続され、ドレインはドレイン配線 8 0 5 に接続される。また、ドレイン配線 8 0 5 は電流制御用 T F T 8 0 6 のゲート電極 8 0 7 に電氣的に接続される。また、電流制御用 T F T 8 0 6 のソースは電流供給線 8 1 6 に電氣的に接続され、ドレインはドレイン配線 8 1 7 に電氣的に接続される。また、ドレイン配線 8 1 7 は点線で示される画素電極（陰極） 8 1 8 に電氣的に接続される。

【 0 1 5 5 】

このとき、8 1 9 で示される領域には保持容量が形成される。保持容量 8 1 9 は、電流供給線 8 1 6 と電氣的に接続された半導体膜 8 2 0、ゲート絶縁膜と同

一層の絶縁膜（図示せず）及びゲート電極 8 0 7 との間で形成される。また、ゲート電極 8 0 7、第 1 層間絶縁膜と同一の層（図示せず）及び電流供給線 8 1 6 で形成される容量も保持容量として用いることが可能である。

【 0 1 5 6 】

[実施例 8]

本実施例では実施例 4 または実施例 5 に示した E L 表示装置の回路構成例を図 2 4 に示す。なお、本実施例ではデジタル駆動を行うための回路構成を示す。本実施例では、ソース側駆動回路 9 0 1、画素部 9 0 6 及びゲート側駆動回路 9 0 7 を有している。なお、本明細書中において、駆動回路とはソース側処理回路およびゲート側駆動回路を含めた総称である。

【 0 1 5 7 】

ソース側駆動回路 9 0 1 は、シフトレジスタ 9 0 2、ラッチ (A) 9 0 3、ラッチ (B) 9 0 4、バッファ 9 0 5 を設けている。なお、アナログ駆動の場合はラッチ (A)、(B) の代わりにサンプリング回路（トランスファゲート）を設ければ良い。また、ゲート側駆動回路 9 0 7 は、シフトレジスタ 9 0 8、バッファ 9 0 9 を設けている。

【 0 1 5 8 】

また、本実施例において、画素部 9 0 6 は複数の画素を含み、その複数の画素に E L 素子が設けられている。このとき、E L 素子の陰極は電流制御 T F T のドレインに電氣的に接続されていることが好ましい。

【 0 1 5 9 】

これらソース側駆動回路 9 0 1 およびゲート側駆動回路 9 0 7 は実施例 1 ～ 3 で得られる n チャンネル型 T F T または p チャンネル型 T F T で形成されている。

【 0 1 6 0 】

なお、図示していないが、画素部 9 0 6 を挟んでゲート側駆動回路 9 0 7 の反対側にさらにゲート側駆動回路を設けても良い。この場合、双方は同じ構造でゲート配線を共有しており、片方が壊れても残った方からゲート信号を送って画素部を正常に動作させるような構成とする。

【 0 1 6 1 】

なお、上記構成は、実施例 1～3 のいずれかに示した製造工程に従って T F T を作製することによって実現することができる。

【 0 1 6 2 】

[実施例 9]

本実施例では、実施例 8 において示した E L 表示装置の回路構成例の具体例を示す。特に本実施例では、ソース側駆動回路およびゲート側駆動回路を全て実施例 1 で述べた E 型 N T F T で形成した場合について図 2 5～図 2 7 を用いて説明する。本発明ではシフトレジスタの代わりに n チャネル型 T F T のみを用いたデコーダを用いる。

【 0 1 6 3 】

図 2 5 はゲート側駆動回路の例である。図 2 5 において、1 0 0 0 がゲート側駆動回路のデコーダ、1 0 0 1 がゲート側駆動回路のバッファ部である。なお、バッファ部とは複数のバッファ（緩衝増幅器）が集積化された部分を指す。また、バッファとは後段の影響を前段に与えずに駆動を行う回路を指す。

【 0 1 6 4 】

まずゲート側デコーダ 1 0 0 0 を説明する。1 0 0 2 はデコーダ 1 0 0 0 の入力信号線（以下、選択線という）であり、ここでは A 1、A 1 バー（A 1 の極性が反転した信号）、A 2、A 2 バー（A 2 の極性が反転した信号）、… A n、A n バー（A n の極性が反転した信号）を示している。即ち、2 n 本の選択線が並んでいると考えれば良い。

【 0 1 6 5 】

選択線の本数はゲート側駆動回路から出力されるゲート配線が何列あるかによってその数が決まる。例えば V G A 表示の画素部をもつ場合はゲート配線が 4 8 0 本となるため、9 bit 分（n = 9 に相当する）で合計 1 8 本の選択線が必要となる。選択線 1 0 0 2 は図 2 6 のタイミングチャートに示す信号を伝送する。図 2 6 に示すように、A 1 の周波数を 1 とすると、A 2 の周波数は 2^{-1} 倍、A 3 の周波数は 2^{-2} 倍、A n の周波数は $2^{-(n-1)}$ 倍となる。

【 0 1 6 6 】

また、1 0 0 3 a は第 1 段の N A N D 回路（N A N D セルともいう）、1 0 0

3bは第2段のNAND回路、1003cは第n段のNANDである。NAND回路はゲート配線の本数分が必要であり、ここではn個が必要となる。即ち、本発明ではデコーダ1000が複数のNAND回路からなる。

【0167】

また、NAND回路1003a~1003cは、nチャネル型TFT1004~1009が組み合わされてNAND回路を形成している。なお、実際には2n個のTFTがNAND回路1003に用いられている。また、nチャネル型TFT1004~1009の各々のゲートは選択線1002(A1、A1バー、A2、A2バー...An、Anバー)のいずれかに接続されている。

【0168】

このとき、NAND回路1003aにおいて、A1、A2...An(これらを正の選択線と呼ぶ)のいずれかに接続されたゲートを有するnチャネル型TFT1004~1006は、互いに並列に接続されており、共通のソースとして負電源線(V_{DL})1010に接続され、共通のドレインとして出力線1011に接続されている。また、A1バー、A2バー...Anバー(これらを負の選択線と呼ぶ)のいずれかに接続されたゲートを有するnチャネル型TFT1007~1009は、互いに直列に接続されており、回路端に位置するnチャネル型TFT1009のソースが正電源線(V_{DH})1012に接続され、もう一方の回路端に位置するnチャネル型TFT1007のドレインが出力線1011に接続されている。

【0169】

以上のように、本発明においてNAND回路は直列に接続されたn個のnチャネル型TFTおよび並列に接続されたn個のnチャネル型TFTを含む。但し、n個のNAND回路1003a~1003cにおいて、nチャネル型TFTと選択線との組み合わせはすべて異なる。即ち、出力線1011は必ず1本しか選択されないようになっており、選択線102には出力線1011が端から順番に選択されていくような信号が入力される。

【0170】

次に、バッファ部1001はNAND回路1003a~1003cの各々に対応して複数のバッファ1013a~1013cにより形成されている。但しバッファ

1013a~1013cはいずれも同一構造で良い。

【0171】

また、バッファ1013a~1013cはnチャンネル型TFT1014~1016を用いて形成される。デコーダからの出力線1011はnチャンネル型TFT1014（第1のnチャンネル型TFT）のゲートとして入力される。nチャンネル型TFT1014は正電源線（ V_{DH} ）1017をソースとし、画素部に続くゲート配線1018をドレインとする。また、nチャンネル型TFT1015（第2のnチャンネル型TFT）は正電源線（ V_{DH} ）1017をゲートとし、負電源線（ V_{DL} ）1019をソースとし、ゲート配線1018をドレインとして常時オン状態となっている。

【0172】

即ち、本発明において、バッファ1013a~1013cは第1のnチャンネル型TFT（nチャンネル型TFT1014）および第1のnチャンネル型TFTに直列に接続され、且つ、第1のnチャンネル型TFTのドレインをゲートとする第2のnチャンネル型TFT（nチャンネル型TFT1015）を含む。

【0173】

また、nチャンネル型TFT1016（第3のnチャンネル型TFT）はリセット信号線（Reset）をゲートとし、負電源線（ V_{DL} ）1019をソースとし、ゲート配線1018をドレインとする。なお、負電源線（ V_{DL} ）1019は接地電源線（GND）としても構わない。

【0174】

このとき、nチャンネル型TFT1015のチャンネル幅（ $W1$ とする）とnチャンネル型TFT1014のチャンネル幅（ $W2$ とする）の間には $W1 < W2$ の関係がある。なお、チャンネル幅とはチャンネル長に垂直な方向におけるチャンネル形成領域の長さである。

【0175】

バッファ1013aの動作は次の通りである。まず出力線1011に負電圧が加えられているとき、nチャンネル型TFT1014はオフ状態（チャンネルが形成されていない状態）となる。一方でnチャンネル型TFT1015は常にオン状態

(チャンネルが形成されている状態)であるため、ゲート配線 1 0 1 8 には負電源線 1 0 1 9 の電圧が加えられる。

【 0 1 7 6 】

出力線 1 0 1 1 に正電圧が加えられた場合、nチャンネル型 T F T 1 0 1 4 がオン状態となる。このとき、nチャンネル型 T F T 1 0 1 4 のチャンネル幅がnチャンネル型 T F T 1 0 1 5 のチャンネル幅よりも大きいため、ゲート配線 1 0 1 8 の電位はnチャンネル型 T F T 1 0 1 4 側の出力に引っ張られ、結果的に正電源線 1 0 1 7 の電圧がゲート配線 1 0 1 8 に加えられる。従って、ゲート配線 1 0 1 8 は、出力線 1 0 1 1 に正電圧が加えられるときは正電圧(画素のスイッチング素子として用いるnチャンネル型 T F T がオン状態になるような電圧)を出力し、出力線 1 0 1 1 に負電圧が加えられているときは常に負電圧(画素のスイッチング素子として用いるnチャンネル型 T F T がオフ状態になるような電圧)を出力する。

【 0 1 7 7 】

なお、nチャンネル型 T F T 1 0 1 6 は正電圧が加えられたゲート配線 1 0 1 8 を強制的に負電圧に引き下げるリセットスイッチとして用いられる。即ち、ゲート配線 1 1 8 の選択期間が終了したら。リセット信号を入力してゲート配線 1 0 1 8 に負電圧を加える。但しnチャンネル型 T F T 1 0 1 6 は省略することもできる。

【 0 1 7 8 】

以上のような動作のゲート側駆動回路によりゲート配線が順番に選択されることになる。次に、ソース側駆動回路の構成を図 2 7 に示す。図 2 7 に示すソース側駆動回路はデコーダ 1 0 2 1、ラッチ 1 0 2 2 およびバッファ部 1 0 2 3 を含む。なお、デコーダ 1 0 2 1 およびバッファ部 1 0 2 3 の構成はゲート側駆動回路と同様であるので、ここでの説明は省略する。

【 0 1 7 9 】

図 2 7 に示すソース側駆動回路の場合、ラッチ 1 0 2 2 は第 1 段目のラッチ 1 0 2 4 および第 2 段目のラッチ 1 0 2 5 からなる。また、第 1 段目のラッチ 1 0 2 4 および第 2 段目のラッチ 1 0 2 5 は、各々 m 個の nチャンネル型 T F T 1 0 2 6 a ~ 1 0 2 6 c で形成される複数の単位ユニット 1 0 2 7 を有する。デコーダ 1

021からの出力線1028は単位ユニット1027を形成する m 個の n チャネル型TFT1026a~1026cのゲートに入力される。なお、 m は任意の整数である。

【0180】

例えば、VGA表示の場合、ソース配線の本数は640本である。 $m=1$ の場合はNAND回路も640個必要となり、選択線は20本(10bit分に相当する)必要となる。しかし、 $m=8$ とすると必要なNAND回路は80個となり、必要な選択線は14本(7bit分に相当する)となる。即ち、ソース配線の本数を M 本とすると、必要なNAND回路は(M/m)個となる。

【0181】

n チャネル型TFT1026a~1026cのソースは各々ビデオ信号線(V1、V2...Vk)1029に接続される。即ち、出力線1028に正電圧が加えられると一斉に n チャネル型TFT1026a~1026cがオン状態となり、各々に対応するビデオ信号が取り込まれる。また、こうして取り込まれたビデオ信号は、 n チャネル型TFT1026a~1026cの各々に接続されたコンデンサ1030a~1030cに保持される。

【0182】

また、第2段目のラッチ125も複数の単位ユニット1027bを有し、単位ユニット1027bは m 個の n チャネル型TFT1031a~1031cで形成される。 n チャネル型TFT1031a~1031cのゲートはすべてラッチ信号線1032に接続され、ラッチ信号線1032に負電圧が加えられると一斉に n チャネル型TFT1031a~1031cがオン状態となる。

【0183】

その結果、コンデンサ1030a~1030cに保持されていた信号が、 n チャネル型TFT1031a~1031cの各々に接続されたコンデンサ1033a~1033cに保持されると同時にバッファ1023へと出力される。そして、図25で説明したようにバッファを介してソース配線1034に出力される。以上のような動作のソース側駆動回路によりソース配線が順番に選択されることになる。

【0184】

以上のように、 n チャンネル型TFTのみでゲート側駆動回路およびソース側駆動回路を形成することにより画素部および駆動回路をすべて n チャンネル型TFTで形成することが可能となる。

【0185】

[実施例10]

本実施例では、実施例8において示したEL表示装置の回路構成例の具体例を示す。特に本実施例では、ソース側駆動回路およびゲート側駆動回路を全て実施例2で述べた p チャンネル型TFTのみを用いる場合で、一般的なシフトレジスタの代わりに図1に示すような p チャンネル型TFTを用いたデコーダを用いる。なお、図28はゲート側駆動回路の例である。

【0186】

図28において、1200がゲート側駆動回路のデコーダ、1201がゲート側駆動回路のバッファ部である。なお、バッファ部とは複数のバッファ（緩衝増幅器）が集積化された部分を指す。また、バッファとは後段の影響を前段に与えずに駆動を行う回路を指す。

【0187】

まずゲート側デコーダ1200を説明する。1202はデコーダ1200の入力信号線（以下、選択線という）であり、ここでは A_1 、 A_1 バー（ A_1 の極性が反転した信号）、 A_2 、 A_2 バー（ A_2 の極性が反転した信号）、… A_n 、 A_n バー（ A_n の極性が反転した信号）を示している。即ち、 $2n$ 本の選択線が並んでいると考えれば良い。

【0188】

選択線の本数はゲート側駆動回路から出力されるゲート配線が何列あるかによってその数が決まる。例えばVGA表示の画素部をもつ場合はゲート配線が480本となるため、9bit分（ $n=9$ に相当する）で合計18本の選択線が必要となる。選択線1202は図29のタイミングチャートに示す信号を伝送する。図29に示すように、 A_1 の周波数を1とすると、 A_2 の周波数は 2^{-1} 倍、 A_3 の周波数は 2^{-2} 倍、 A_n の周波数は $2^{-(n-1)}$ 倍となる。

【0189】

また、1203aは第1段のNAND回路（NANDセルともいう）、1203bは第2段のNAND回路、1203cは第n段のNANDである。NAND回路はゲート配線の本数分が必要であり、ここではn個が必要となる。即ち、本発明ではデコーダ1200が複数のNAND回路からなる。

【0190】

また、NAND回路1203a～1203cは、pチャネル型TFT1204～1209が組み合わされてNAND回路を形成している。なお、実際には2n個のTFTがNAND回路1203に用いられている。また、pチャネル型TFT1204～1209の各々のゲートは選択線1202（A1、A1バー、A2、A2バー…An、Anバー）のいずれかに接続されている。

【0191】

このとき、NAND回路1203aにおいて、A1、A2…An（これらを正の選択線と呼ぶ）のいずれかに接続されたゲートを有するpチャネル型TFT1204～1206は、互いに並列に接続されており、共通のソースとして正電源線（ V_{DH} ）1210に接続され、共通のドレインとして出力線1211に接続されている。また、A1バー、A2バー…Anバー（これらを負の選択線と呼ぶ）のいずれかに接続されたゲートを有するpチャネル型TFT1207～1209は、互いに直列に接続されており、回路端に位置するpチャネル型TFT1209のソースが負電源線（ V_{DL} ）1212に接続され、もう一方の回路端に位置するpチャネル型TFT1207のドレインが出力線1211に接続されている。

【0192】

以上のように、本発明においてNAND回路は直列に接続されたn個の一導電型TFT（ここではpチャネル型TFT）および並列に接続されたn個の一導電型TFT（ここではpチャネル型TFT）を含む。但し、n個のNAND回路1203a～1203cにおいて、pチャネル型TFTと選択線との組み合わせはすべて異なる。即ち、出力線1211は必ず1本しか選択されないようになっており、選択線1202には出力線1211が端から順番に選択されていくような信号が入力される。

【 0 1 9 3 】

次に、バッファ 1 2 0 1 は NAND 回路 1 2 0 3 a ~ 1 2 0 3 c の各々に対応して複数のバッファ 1 2 1 3 a ~ 1 2 1 3 c により形成されている。但しバッファ 1 2 1 3 a ~ 1 2 1 3 c はいずれも同一構造で良い。

【 0 1 9 4 】

また、バッファ 1 2 1 3 a ~ 1 2 1 3 c は一導電型 T F T として p チャネル型 T F T 1 2 1 4 ~ 1 2 1 6 を用いて形成される。デコーダからの出力線 1 2 1 1 は p チャネル型 T F T 1 2 1 4 (第 1 の一導電型 T F T) のゲートとして入力される。p チャネル型 T F T 1 2 1 4 は接地電源線 (G N D) 1 2 1 7 をソースとし、ゲート配線 1 2 1 8 をドレインとする。また、p チャネル型 T F T 1 2 1 5 (第 2 の一導電型 T F T) は接地電源線 1 2 1 7 をゲートとし、正電源線 (V_{DH}) 1 2 1 9 をソースとし、ゲート配線 1 2 1 8 をドレインとして常時オン状態となっている。

【 0 1 9 5 】

即ち、本発明において、バッファ 1 2 1 3 a ~ 1 2 1 3 c は第 1 の一導電型 T F T (p チャネル型 T F T 1 2 1 4) および第 1 の一導電型 T F T に直列に接続され、且つ、第 1 の一導電型 T F T のドレインをゲートとする第 2 の一導電型 T F T (p チャネル型 T F T 1 2 1 5) を含む。

【 0 1 9 6 】

また、p チャネル型 T F T 1 2 1 6 (第 3 の一導電型 T F T) はリセット信号線 (Reset) をゲートとし、正電源線 1 2 1 9 をソースとし、ゲート配線 1 2 1 8 をドレインとする。なお、接地電源線 1 2 1 7 は負電源線 (但し画素のスイッチング素子として用いる p チャネル型 T F T がオン状態になるような電圧を与える電源線) としても構わない。

【 0 1 9 7 】

このとき、p チャネル型 T F T 1 2 1 5 のチャンネル幅 (W_1 とする) と p チャネル型 T F T 1 2 1 4 のチャンネル幅 (W_2 とする) との間には $W_1 < W_2$ の関係がある。なお、チャンネル幅とはチャンネル長に垂直な方向におけるチャンネル形成領域の長さである。

【 0 1 9 8 】

バッファ 1 2 1 3 a の動作は次の通りである。まず出力線 1 2 1 1 に正電圧が加えられているとき、p チャンネル型 T F T 1 2 1 4 はオフ状態（チャンネルが形成されていない状態）となる。一方で p チャンネル型 T F T 1 2 1 5 は常にオン状態（チャンネルが形成されている状態）であるため、ゲート配線 1 2 1 8 には正電源線 1 2 1 9 の電圧が加えられる。

【 0 1 9 9 】

ところが、出力線 1 2 1 1 に負電圧が加えられた場合、p チャンネル型 T F T 1 2 1 4 がオン状態となる。このとき、p チャンネル型 T F T 1 2 1 4 のチャンネル幅が p チャンネル型 T F T 1 2 1 5 のチャンネル幅よりも大きいため、ゲート配線 1 2 1 8 の電位は p チャンネル型 T F T 1 2 1 4 側の出力に引っ張られ、結果的に接地電源線 1 2 1 7 の電圧がゲート配線 1 2 1 8 に加えられる。

【 0 2 0 0 】

従って、ゲート配線 1 2 1 8 は、出力線 1 2 1 1 に負電圧が加えられるときは負電圧（画素のスイッチング素子として用いる p チャンネル型 T F T がオン状態になるような電圧）を出力し、出力線 1 2 1 1 に正電圧が加えられているときは常に正電圧（画素のスイッチング素子として用いる p チャンネル型 T F T がオフ状態になるような電圧）を出力する。

【 0 2 0 1 】

なお、p チャンネル型 T F T 1 2 1 6 は負電圧が加えられたゲート配線 1 2 1 8 を強制的に正電圧に引き上げるリセットスイッチとして用いられる。即ち、ゲート配線 1 2 1 8 の選択期間が終了したら。リセット信号を入力してゲート配線 1 2 1 8 に正電圧を加える。但し p チャンネル型 T F T 1 2 1 6 は省略することもできる。

【 0 2 0 2 】

以上のような動作のゲート側駆動回路によりゲート配線が順番に選択されることになる。次に、ソース側駆動回路の構成を図 3 0 に示す。図 3 0 に示すソース側駆動回路はデコーダ 1 3 0 1、ラッチ 1 3 0 2 およびバッファ 1 3 0 3 を含む。なお、デコーダ 1 3 0 1 およびバッファ 1 3 0 3 の構成はゲート側駆動回路と

同様であるので、ここでの説明は省略する。

【0203】

図29に示すソース側駆動回路の場合、ラッチ1302は第1段目のラッチ1304および第2段目のラッチ1305からなる。また、第1段目のラッチ1304および第2段目のラッチ1305は、各々m個のpチャネル型TFT1306a~1306cで形成される複数の単位ユニット1307を有する。デコーダ1301からの出力線1308は単位ユニット1307を形成するm個のpチャネル型TFT1306a~1306cのゲートに入力される。なお、mは任意の整数である。

【0204】

例えば、VGA表示の場合、ソース配線の本数は640本である。m=1の場合はNAND回路も640個必要となり、選択線は20本(10bit分に相当する)必要となる。しかし、m=8とすると必要なNAND回路は80個となり、必要な選択線は14本(7bit分に相当する)となる。即ち、ソース配線の本数をM本とすると、必要なNAND回路は(M/m)個となる。

【0205】

そして、pチャネル型TFT1306a~1306cのソースは各々ビデオ信号線(V1、V2...Vk)1309に接続される。即ち、出力線1308に負電圧が加えられると一斉にpチャネル型TFT1306a~1306cがオン状態となり、各々に対応するビデオ信号が取り込まれる。また、こうして取り込まれたビデオ信号は、pチャネル型TFT1306a~1306cの各々に接続されたコンデンサ1310a~1310cに保持される。

【0206】

また、第2段目のラッチ1305も複数の単位ユニット1307bを有し、単位ユニット1307bはm個のpチャネル型TFT1311a~1311cで形成される。pチャネル型TFT1311a~1311cのゲートはすべてラッチ信号線1312に接続され、ラッチ信号線1312に負電圧が加えられると一斉にpチャネル型TFT1311a~1311cがオン状態となる。

【0207】

その結果、コンデンサ 1 3 1 0 a ~ 1 3 1 0 c に保持されていた信号が、p チャネル型 T F T 1 3 1 1 a ~ 1 3 1 1 c の各々に接続されたコンデンサ 1 3 1 3 a ~ 1 3 1 3 c に保持されると同時にバッファ 1 3 0 3 へと出力される。そして、図 2 8 で説明したようにバッファを介してソース配線 1 3 1 4 に出力される。以上のような動作のソース側駆動回路によりソース配線が順番に選択されることになる。

【 0 2 0 8 】

以上のように、p チャネル型 T F T のみでゲート側駆動回路およびソース側駆動回路を形成することにより画素部および駆動回路をすべて p チャネル型 T F T で形成することが可能となる。従って、アクティブマトリクス型の電気光学装置を作製する上で T F T 工程の歩留まりおよびスループットを大幅に向上させることができ、製造コストを低減することが可能となる。

【 0 2 0 9 】

[実施例 1 1]

本発明の半導体装置は、各種多様の電子機器の表示装置や各種集積回路、或いは、従来の集積回路に代わる回路用途に応用することができる。このような半導体装置には、携帯情報端末（電子手帳、モバイルコンピュータ、携帯電話等）、ビデオカメラ、スチルカメラ、パーソナルコンピュータ、テレビ、プロジェクター等が挙げられる。それらの一例を図 3 1 ~ 図 3 3 に示す。

【 0 2 1 0 】

図 3 1 (A) は携帯電話であり、表示用パネル 2 7 0 1、操作用パネル 2 7 0 2、接続部 2 7 0 3 から成り、表示用パネル 2 7 0 1 には表示装置 2 7 0 4、音声出力部 2 7 0 5、アンテナ 2 7 0 9 などが設けられている。操作パネル 2 7 0 2 には操作キー 2 7 0 6、電源スイッチ 2 7 0 2、音声入力部 2 7 0 5 8 などが設けられている。本発明は表示装置 2 9 0 4 を形成することができる。

【 0 2 1 1 】

図 3 1 (B) はビデオカメラであり、本体 9 1 0 1、表示装置 9 1 0 2、音声入力部 9 1 0 3、操作スイッチ 9 1 0 4、バッテリー 9 1 0 5、受像部 9 1 0 6 から成っている。本発明は表示装置 9 1 0 2 に適用することができる。

【0212】

図31(C)はモバイルコンピュータ或いは携帯型情報端末であり、本体9201、カメラ部9202、受像部9203、操作スイッチ9204、表示装置9205で構成されている。本発明は半導体装置は表示装置9205に適用することができる。

【0213】

図31(D)はテレビ受像器であり、本体9401、スピーカ9402、表示装置9403、受信装置9404、増幅装置9405等で構成される。本発明は表示装置9403に適用することができる。

【0214】

図31(E)は携帯書籍であり、本体9501、表示装置9502、9503、記憶媒体9504、操作スイッチ9505、アンテナ9506から構成されており、ミニディスク(MD)やDVDに記憶されたデータや、アンテナで受信したデータを表示するものである。本発明は表示装置9502、9503や、記憶媒体9504に適用することができる。

【0215】

図32(A)はパーソナルコンピュータであり、本体9601、画像入力部9602、表示装置9603、キーボード9604で構成される。本発明は表示装置9601や、内蔵する各種集積回路に適用することができる。

【0216】

図32(B)はプログラムを記録した記録媒体(以下、記録媒体と呼ぶ)を用いるプレーヤーであり、本体9701、表示装置9702、スピーカ部9703、記録媒体9704、操作スイッチ9705で構成される。なお、この装置は記録媒体としてDVD(Digital Versatile Disc)、CD等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。本発明は表示装置9702や、内蔵する各種集積回路に適用することができる。

【0217】

図32(C)はデジタルカメラであり、本体9801、表示装置9802、接眼部9803、操作スイッチ9804、受像部(図示しない)で構成される。本

発明は表示装置 9802 や、内蔵する各種集積回路に適用することができる。

【0218】

図 33 (A) はフロント型プロジェクターであり、投射装置 3601、スクリーン 3602 で構成される。本発明は投射装置 3601 やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0219】

図 33 (B) はリア型プロジェクターであり、本体 3701、投射装置 3702、ミラー 3703、スクリーン 3704 で構成される。本発明は投射装置 3702 やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0220】

尚、図 33 (C) は、図 33 (A) 及び図 33 (B) 中における投射装置 3601、3702 の構造の一例を示した図である。投射装置 3601、3702 は、光源光学系 3801、ミラー 3802、3804～3806、ダイクロイックミラー 3803、プリズム 3807、液晶表示装置 3808、位相差板 3809、投射光学系 3810 で構成される。投射光学系 3810 は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図 33 (C) 中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

【0221】

また、図 33 (D) は、図 33 (C) 中における光源光学系 3801 の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系 3801 は、リフレクター 3811、光源 3812、レンズアレイ 3813、3814、偏光変換素子 3815、集光レンズ 3816 で構成される。なお、図 33 (D) に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

【0222】

ここでは図示しなかったが、本発明はその他にもナビゲーションシステムをは

じめ冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、固定電話機などに組み込む表示装置としても適用することも可能である。このように本発明の適用範囲はきわめて広く、さまざまな製品に適用することができる。

【0223】

[実施例12]

実施形態3でリン元素を添加した半導体膜をゲッタリングサイトとするゲッタリング方法の一例を示したが、本実施例は、希ガス元素を含む半導体膜、或いは希ガス元素を添加した半導体膜をゲッタリングサイトとするゲッタリング方法の一例を以下に示す。なお、一般にゲッタリングは半導体中に取り込まれた金属不純物が、何らかのエネルギーでゲッタリングサイトに偏析して、素子の能動領域の不純物濃度を低減させる技術として知られている。

【0224】

以下、図37を用いて説明する。

【0225】

まず、実施形態1に従って、[101]面の配向率の高い結晶質シリコン膜を得る。

【0226】

実施形態1に従って、2000は絶縁表面を有する基板上に2001は酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜(SiO_xN_y)等の絶縁膜から成る下地絶縁膜を形成する。ここでは、ガラス基板を用い、下地絶縁膜2001として2層構造から成り、 SiH_4 、 NH_3 、及び N_2O を反応ガスとして成膜される第1酸化窒化シリコン膜を50~100nm、 SiH_4 、及び N_2O を反応ガスとして成膜される第2酸化窒化シリコン膜を100~150nmの厚さに積層形成する。また、下地絶縁膜101として窒化シリコン膜の単層を用いることが好ましい。窒化シリコン膜を用いた場合、ガラス基板に含まれるアルカリ金属が後に形成される半導体膜中に拡散するのを防止するブロッキング層としての効果に加え、後に行われるゲッタリング工程でゲッタリング効率を向上させる効果も有する。ゲッタリングの際、ニッケルは酸素濃度の高い領域に移動しやすい傾向があるため、半導体膜と接する下地絶縁膜を窒化シリコン膜とすることは極

めて有効である。また、酸化窒化シリコン膜、窒化シリコン膜とを順次積層した積層構造を用いてもよい。また、第1酸化窒化シリコン膜、第2酸化窒化シリコン膜、窒化シリコン膜とを順次積層した3層構造を用いてもよい。

【0227】

次いで、下地絶縁膜上にプラズマCVD法、減圧熱CVD法、またはスパッタ法で得られる非晶質半導体膜を形成し、実施形態1に示した結晶化を行い、ゲルマニウムを含む結晶質シリコン膜2002を形成する。(図37(A))

【0228】

本実施例では、ゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜をプラズマCVD法により作製し、 SiH_4 と H_2 で10%に希釈された GeH_4 ガスを反応室に導入し、グロー放電分解して下地絶縁膜2001上に堆積させる。こうして得られたゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜の表面にオゾン含有水溶液で極薄い酸化膜を形成し、その酸化膜をフッ酸と過酸化水素水の混合液でエッチングして清浄な表面を形成した後、再度オゾン含有水溶液で処理して極薄い酸化膜を形成した後、全面に重量換算で10ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布してニッケル含有層を形成する。次に、 500°C にて1時間の加熱処理を行い、ゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜中の水素を放出させる。そして、 550°C にて4時間に加熱処理を行い結晶化を行う。なお、ここでは加熱処理によって結晶化を行ったが、加熱処理に代えて、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、または高圧水銀ランプ等のランプ光源からの強光を照射して結晶化を行ってもよい。このようなランプ光源を用いる場合は、加熱用のランプ光源を1～60秒、好ましくは30～60秒点灯させ、それを1～10回、好ましくは2～6回繰り返す。ランプ光源の発光強度は任意なものとするが、半導体膜が瞬間的には $600\sim 1000^\circ\text{C}$ 、好ましくは $650\sim 750^\circ\text{C}$ 程度にまで加熱されるようにする。このような高温になったとしても、半導体膜が瞬間的に加熱されるのみであり、基板2000はそれ自身が歪んで変形することはない。

【0229】

こうして、ゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜を結晶化させ、ゲルマニウムを

含む結晶質シリコン膜2002を得ることができる。

【0230】

なお、後のゲッターリング処理の際、ニッケルは酸素濃度の高い領域に移動しやすい傾向があるため、ゲルマニウムを含む結晶質シリコン膜2002中の酸素濃度（SIMS分析）は、 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下となるように形成することが望ましい。

【0231】

また、上記結晶化の後、フッ酸を含むエッチャント、例えば希フッ酸やFPM（フッ酸、過酸化水素水、純水との混合液）で偏析した金属元素を除去または低減してもよい。また、フッ酸を含むエッチャントで表面をエッチング処理した場合には、上記ランプ光源からの強光を照射して表面を平坦化することが望ましい。

【0232】

また、上記結晶化の後、さらに結晶化を改善するためのレーザー光またはランプ光源からの強光の照射を行ってもよい。レーザーには波長400nm以下のエキシマレーザー光や、YAGレーザーの第2高調波、第3高調波を用いればよい。この結晶化を改善するためのレーザー光またはランプ光源からの強光の照射の後にフッ酸を含むエッチャントで偏析した金属元素を除去または低減してもよく、さらにランプ光源からの強光を照射して表面を平坦化してもよい。

【0233】

次いで、ゲルマニウムを含む結晶質シリコン膜2002中に含まれる金属元素を除去するためにゲッターリング処理を行う。まず、ゲルマニウムを含む結晶質シリコン膜上にバリア層2003を形成する。バリア層2003としては、金属元素（ここでは主にニッケル）をゲッターリングサイトに貫通させることができ、さらにゲッターリングサイトの除去工程において用いるエッチング液がしみこまない多孔質膜を形成する。ここでは、オゾン水で処理することにより形成されるケミカルオキサイド膜、酸化シリコン膜（ SiO_x ）を用いればよい。本明細書中では、このような性質を有する膜を特に多孔質膜という。また、このバリア層2003は極薄いものでよく、自然酸化膜であってもよいし、酸素を含む雰囲気下にお

いて紫外線の照射によりオゾンが発生させて酸化させる酸化膜であってもよい。

【0234】

次いで、後のゲッタリング処理の際にゲッタリングサイトとして機能する半導体膜2004をバリア層2003上に形成する。(図37(B))この半導体膜2004はプラズマCVD法、減圧熱CVD法、またはスパッタ法を用いて形成される非晶質構造を有する半導体膜であってもよいし、結晶構造を有する半導体膜であってもよい。この半導体膜2004の膜厚は、5～50nm、好ましくは10～20nmとする。後のゲッタリング処理の際、ニッケルは酸素濃度の高い領域に移動しやすい傾向があるため、半導体膜2004には、酸素(SIMS分析での濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上、好ましくは $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上)を含有させてゲッタリング効率を向上させることが望ましい。また、希ガス元素を含む条件で成膜した半導体膜を用いてもよい。

【0235】

ここでは、プラズマCVD法やスパッタ法などで成膜した後、希ガス元素をイオンドーピング法またはイオン注入法によって添加して希ガス元素を含む半導体膜(ゲッタリングサイト)2005を形成する。(図37(C))ここでは、 $1 \times 10^{20} \sim 5 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 、好ましくは $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の濃度で希ガス元素を含む半導体膜を形成すればよい。

【0236】

希ガス元素はHe、Ne、Ar、Kr、Xeから選ばれた一種または複数種であり、これらのイオンを電界で加速して半導体膜に注入することにより、ダングリングボンドや格子歪みを形成してゲッタリングサイトを形成することができる。中でも安価なガスであるArを用いることが望ましい。なお、希ガス元素を添加する処理時間は、1分または2分程度の短時間で高濃度の希ガス元素を半導体膜に添加することができるため、リンを用いたゲッタリングと比較してスループットが格段に向上する。

【0237】

また、希ガス元素に加え、H、H₂、O、O₂、Pから選ばれた一種または複数種を添加してもよく、複数の元素を添加することにより相乗的にゲッタリング効

果が得られる。なお、希ガス元素はほとんど拡散しないが、希ガス元素に加えて添加する他の元素が拡散しやすい場合、希ガス元素を含む半導体膜の膜厚を厚めに調節して、添加した他の元素が後の熱処理で結晶質シリコン膜に拡散しないようにすることが好ましい。また、バリア層も他の元素の拡散を防止する機能を有する。

【 0 2 3 8 】

次いで、熱処理またはランプ光源からの強光の照射を行ってゲッタリングを行う。熱処理によりゲッタリングを行う場合は、窒素雰囲気中で450～800℃、1～24時間、例えば550℃にて14時間の熱処理を行えばよい。また、ランプ光源からの強光の照射によりゲッタリングを行う場合には、加熱用のランプ光源を1～60秒、好ましくは30～60秒点灯させ、それを1～10回、好ましくは2～6回繰り返す。ランプ光源の発光強度は任意なものとするが、半導体膜が瞬間的には600～1000℃、好ましくは700～750℃程度にまで加熱されるようにする。また、熱処理と同時にランプ光源からの強光を照射してもよい。

【 0 2 3 9 】

このゲッタリングにより、図37(D)中の矢印の方向(縦方向)にニッケルが移動し、バリア層2003で覆われたゲルマニウムを含む結晶質シリコン膜2002に含まれる金属元素の除去、または金属元素の濃度の低減が行われる。リンを用いたゲッタリングと比較して、希ガス元素の添加によるゲッタリングは非常に効果的であり、さらに高濃度、例えば $1 \times 10^{20} \sim 5 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ で添加できるため、結晶化に用いる金属元素の添加量を多くすることができる。即ち、結晶化に用いる金属元素の添加量を多くすることによって結晶化の処理時間をさらに短時間で行うことが可能となる。また、結晶化の処理時間を変えない場合には、結晶化に用いる金属元素の添加量を多くすることによって、さらなる低温で結晶化することができる。また、結晶化に用いる金属元素の添加量を多くすることによって、自然核の発生を低減することができ、良好な結晶質半導体膜を形成することができる。

【 0 2 4 0 】

上記ゲッタリング処理後、半導体膜からなるゲッタリングサイト 2 0 0 5 を選択的にエッチングして除去する。エッチングの方法としては、 ClF_3 によるプラズマを用いないドライエッチング、或いはヒドラジンや、テトラエチルアンモニウムヒドロオキシド（化学式 $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$ ）を含む水溶液などアルカリ溶液によるウェットエッチングで行うことができる。この時、バリア層 2 0 0 3 はエッチングストッパーとして機能する。また、バリア層 2 0 0 3 はその後フッ酸により除去すれば良い。

【 0 2 4 1 】

その後、得られたゲルマニウムを含む結晶質シリコン膜を所望の形状にエッチング処理して島状に分離された半導体層 2 0 0 6 を形成する。（図 3 7（E））

【 0 2 4 2 】

以降の工程は、実施例 1 に従って、T F T を完成させればよい。本実施例で得られたゲルマニウムを含む結晶質シリコン膜は、 $[101]$ 面の配向率が高く、且つ、膜中の金属元素の濃度が十分低減されているため、T F T の活性層に用いた場合、優れた T F T の電気特性を示す。

【 0 2 4 3 】

また、本実施例では実施形態 1 の結晶化を用いた例を示したが、特に限定されず、実施形態 2 に示した結晶化を用いてもよい。

【 0 2 4 4 】

また、本実施例のゲッタリング処理に加えて実施形態 3 に示したゲッタリング処理を行ってもよい。

【 0 2 4 5 】

また、下地絶縁膜（例えば、窒化珪素膜）上にニッケル元素をスパッタ法で散布した後、ゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜を形成し、バリア層を設け、希ガス元素を含む半導体膜を形成した後、加熱処理または強光によってゲルマニウムを含む非晶質シリコン膜の結晶化およびゲッタリングを同時に行ってもよい。

【 0 2 4 6 】

また、本実施例は実施例 1 乃至 1 1 のいずれか一と自由に組み合わせることが可能である。

【 0 2 4 7 】

[実施例 1 3]

実施形態 3 でリンを添加するゲッタリング方法の一例を示したが、リンに代えて希ガス元素を用いてもよい。なお、添加する条件以外は同一であるため、ここでは詳細な説明は省略する。

【 0 2 4 8 】

本実施例では、実施形態 1 または実施形態 2 で得られた結晶質シリコン膜に対して、選択的に希ガス元素を添加する。ここでは、アルゴンをイオンドープ法（例えば、 $5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ のドーズ量）で添加してアルゴンが添加された領域（ゲッタリングサイト）を形成する。ゲッタリングサイトに添加された希ガス元素の濃度を $1 \times 10^{20} \sim 5 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ とすることが望ましい。

【 0 2 4 9 】

ゲッタリングサイトを形成した後、熱処理またはランプ光源からの強光の照射を行えば、結晶質シリコン膜中に含まれる金属元素を低減または除去することができる。

【 0 2 5 0 】

また、本実施例は実施例 1 乃至 1 2 のいずれか一と自由に組み合わせることが可能である。

【 0 2 5 1 】

【発明の効果】

【 0 2 5 2 】

本発明により、シリコンを主成分とし、ゲルマニウム含有量が 0.1 原子%以上 10 原子%以下である非晶質半導体膜に金属元素を添加して加熱処理により結晶化すると、EBSP 法で観測される {101} 格子面の前記半導体膜の表面となす角が 10 度以内である割合が 20% 以上であり、かつ、{001} 格子面の前記半導体膜の表面となす角が 10 度以内である割合が 3% 以下であり、かつ、{111} 格子面の前記半導体膜の表面となす角が 10 度以内である割合が 5% 以下である結晶質半導体膜を得ることが可能となり、そのような結晶質半導体膜を用いて薄膜トランジスタのチャネル形成領域を形成することができる。

【 0 2 5 3 】

このような { 1 1 0 } 格子面の配向率の高い結晶質半導体膜を用いた T F T は、アクティブマトリクス型の液晶表示装置や E L 表示装置を作製するための T F T として用いることができる。また、本発明の T F T は、従来の半導体基板にて作製される L S I に代わる薄膜集積回路を実現する T F T として用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 E B S P 法により求められる本発明の結晶質半導体膜の逆極点図。

【図 2】 N i 水溶液濃度と { 1 0 1 } 配向率の関係を示すグラフ。

【図 3】 結晶質半導体膜中の G e 濃度を S I M S により測定した結果を示すグラフ。

【図 4】 S i H₄、G e H₄、H₂ ガスより作製された試料の C、N、O 濃度を阿表す S I M S データ。

【図 5】 G e H₄ の添加量と結晶核発生密度との関係を示すグラフ。

【図 6】 E B S P 装置の構成を説明する図。

【図 7】 E P S P による試料測定の方法を説明する図。

【図 8】 E B S P データから得られる逆極点図の例。

【図 9】 { 1 0 1 } 配向からのずれ角を説明する図。

【図 1 0】 { 1 0 1 } 付近に優先配向している場合の各結晶粒の < 1 0 1 > 方位のゆらぎを説明する図。

【図 1 1】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

【図 1 2】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

【図 1 3】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

【図 1 4】 p チャネル型 T F T を作製する工程を説明する図。

【図 1 5】 n チャネル型 T F T を作製する工程を説明する図。

【図 1 6】 C M O S 構造の T F T を作製する工程を説明する図。

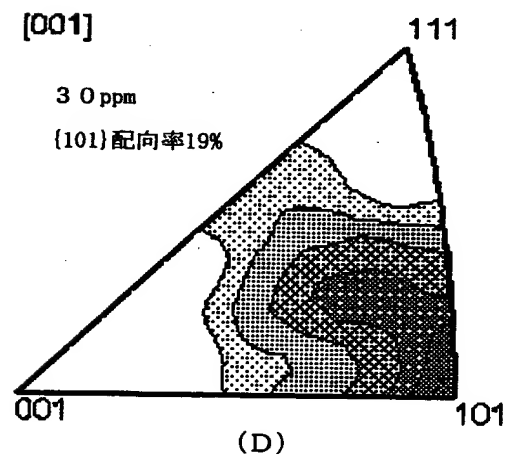
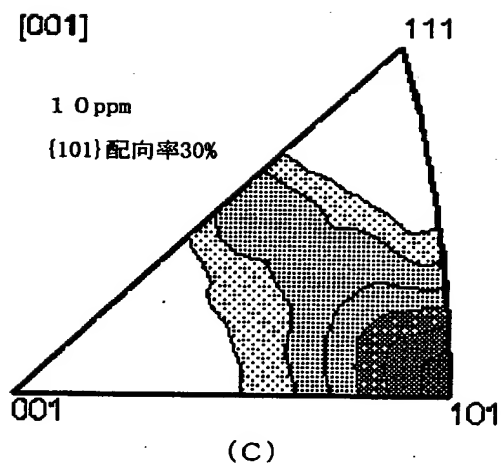
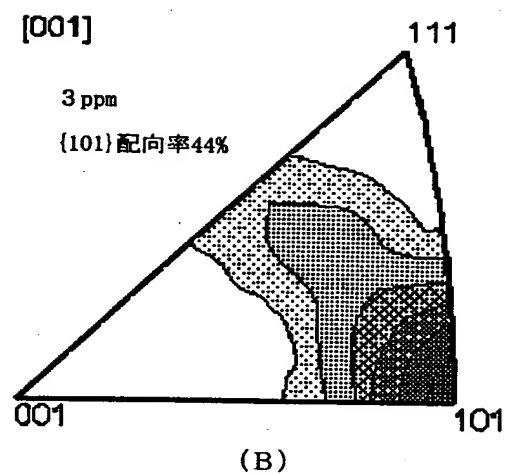
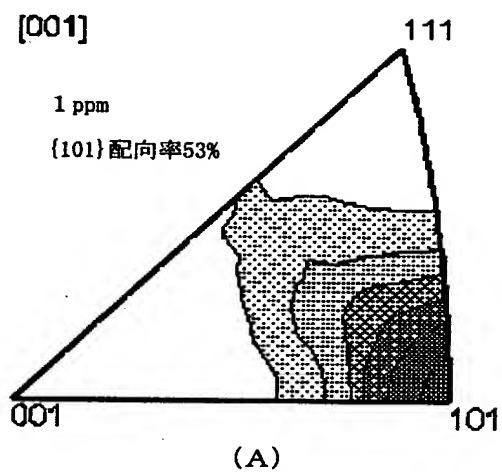
【図 1 7】 駆動回路及び画素部の T F T を同一基板に形成した構造を説明する図。

【図 1 8】 画素部における画素構造の上面図。

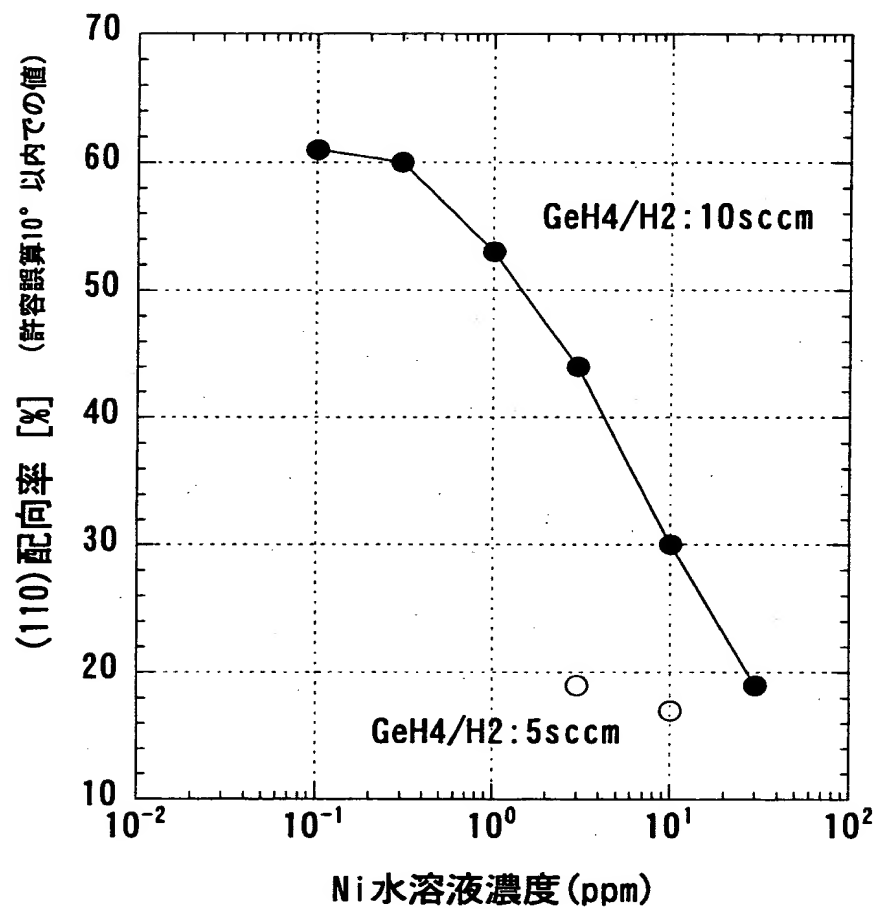
- 【図 1 9】 NMOS 回路の構成を示す図。
- 【図 2 0】 シフトレジスタの構成を示す図。
- 【図 2 1】 EL 表示装置の駆動回路及び画素部の断面構造図。
- 【図 2 2】 EL 表示装置の上面図及び断面図。
- 【図 2 3】 EL 表示装置の画素の上面図及び回路図。
- 【図 2 4】 デジタル駆動の表示装置の回路ブロック図。
- 【図 2 5】 n チャネル型 TFT で形成したゲート側駆動回路の構成を示す図。
- 【図 2 6】 デコーダ入力信号のタイミングチャートを説明する図。
- 【図 2 7】 n チャネル型 TFT で形成したソース側駆動回路の構成を示す図。
- 【図 2 8】 p チャネル型 TFT で形成したゲート側駆動回路の構成を示す図。
- 【図 2 9】 デコーダ入力信号のタイミングチャートを説明する図。
- 【図 3 0】 p チャネル型 TFT で形成したソース側駆動回路の構成を示す図。
- 【図 3 1】 半導体装置の一例を示す図。
- 【図 3 2】 半導体装置の一例を示す図。
- 【図 3 3】 プロジェクターの一例を示す図。
- 【図 3 4】 X 線回折測定と試料あおり角を説明する図。
- 【図 3 5】 試料あおり角と、回折に寄与する格子面を説明する図。
- 【図 3 6】 EBSF 法により求められる結晶質半導体膜の逆極点図。
- 【図 3 7】 本発明の結晶質半導体膜の作製方法を説明する図。

【書類名】 図面

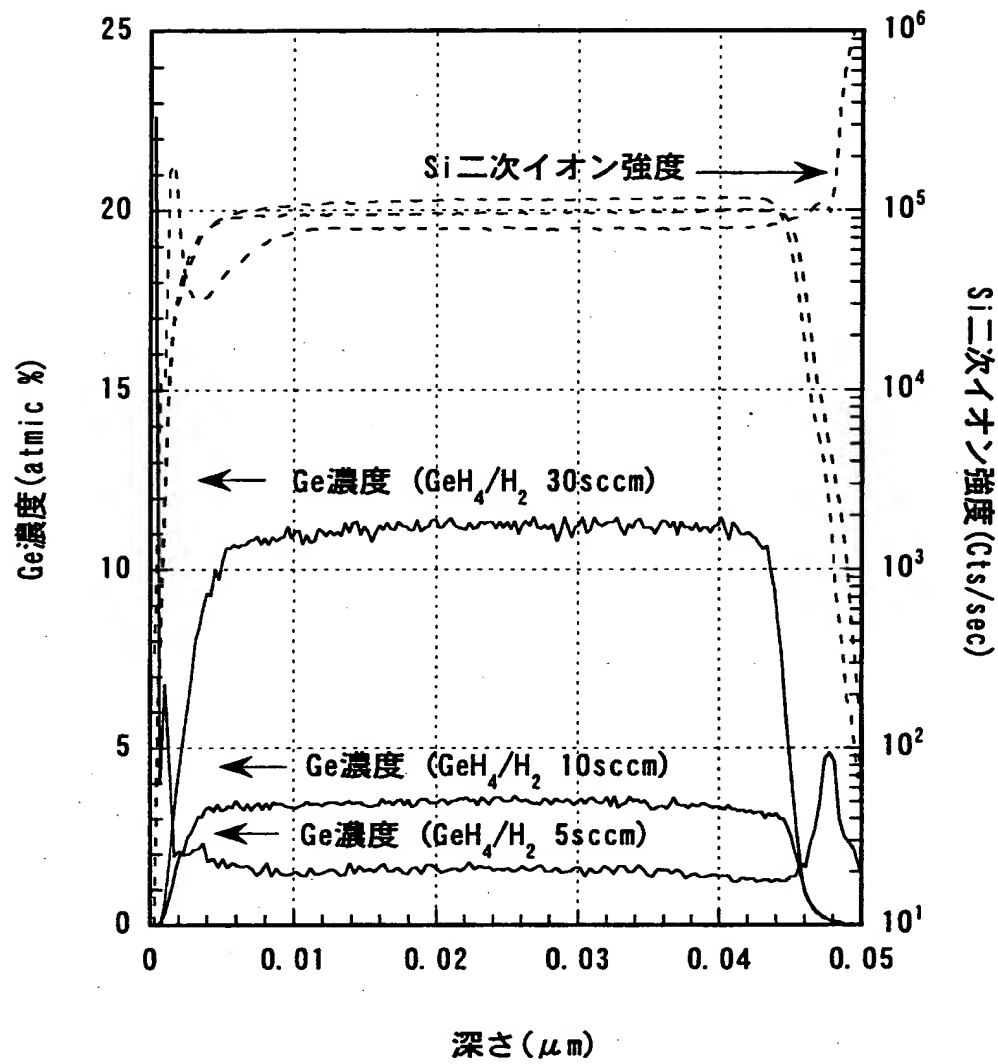
【図1】



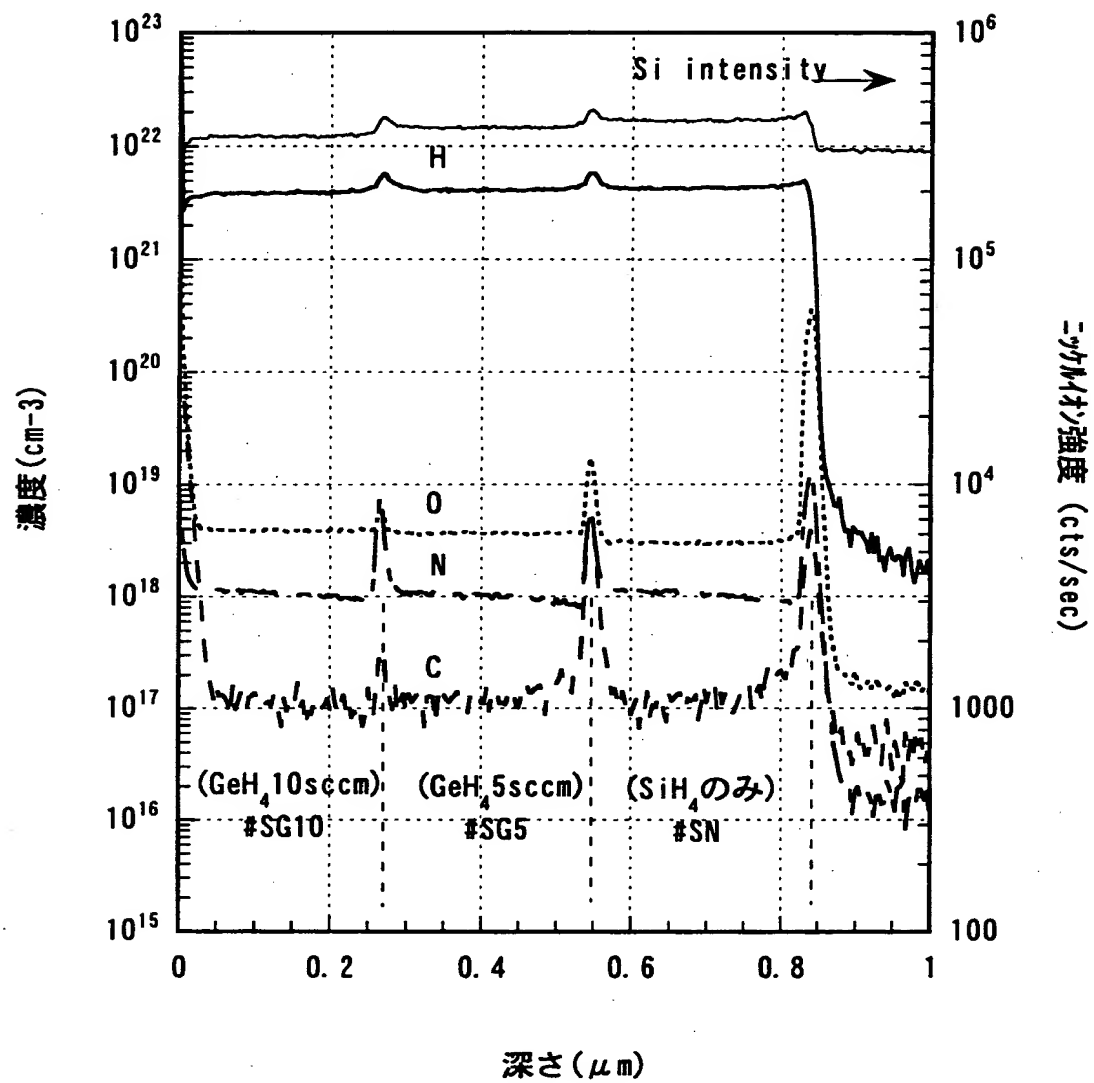
【図 2】



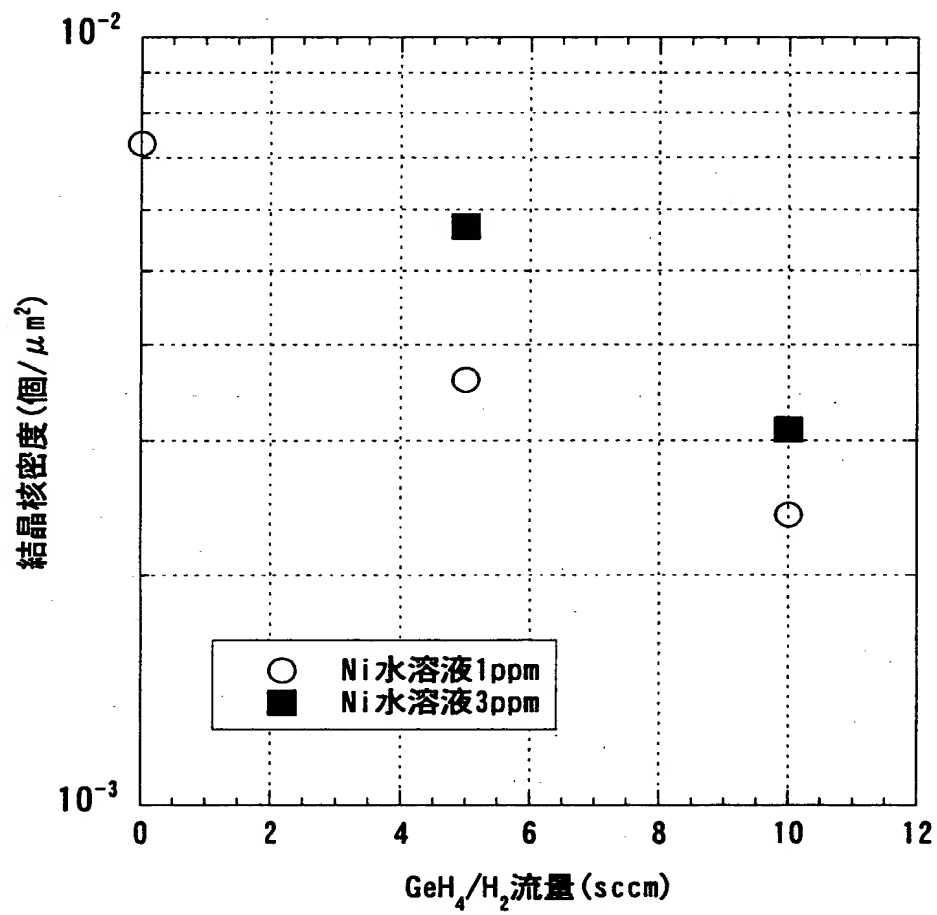
【図3】



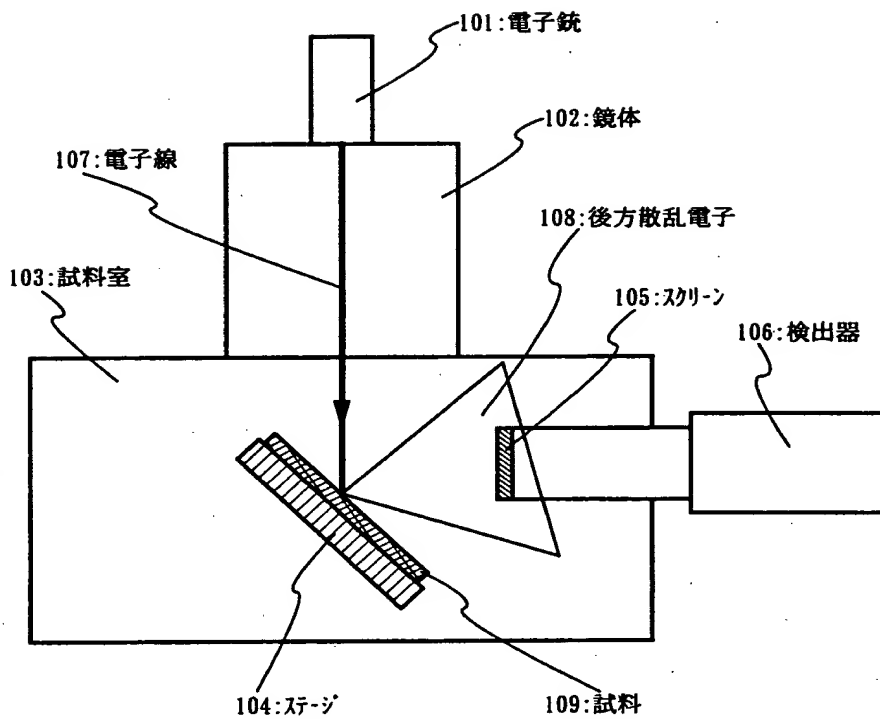
【図4】



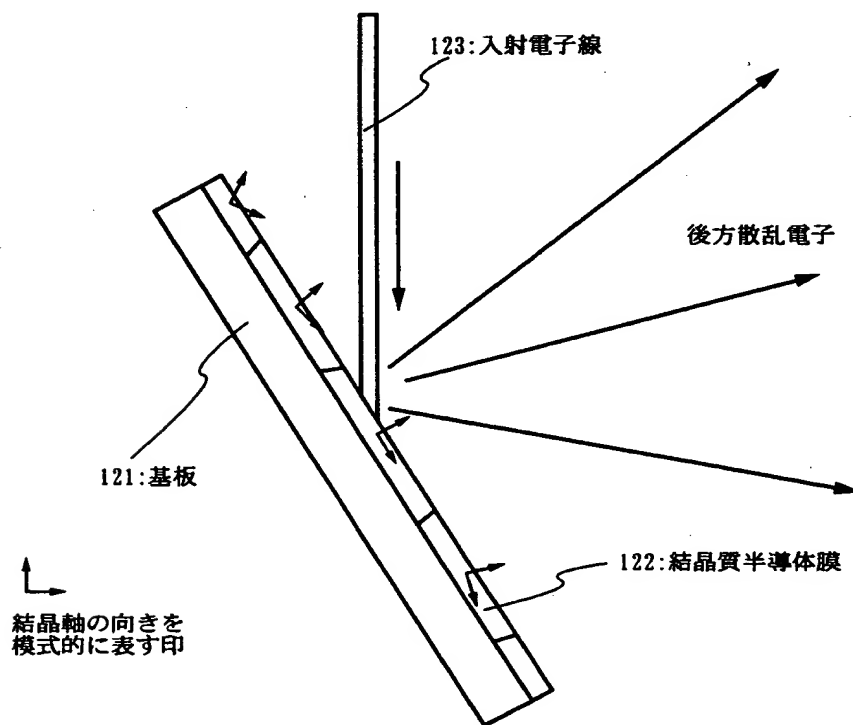
【図5】



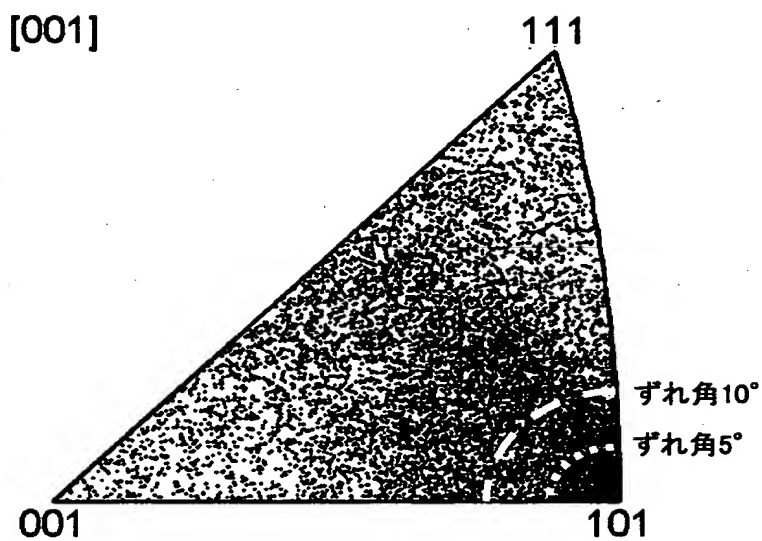
【図 6】



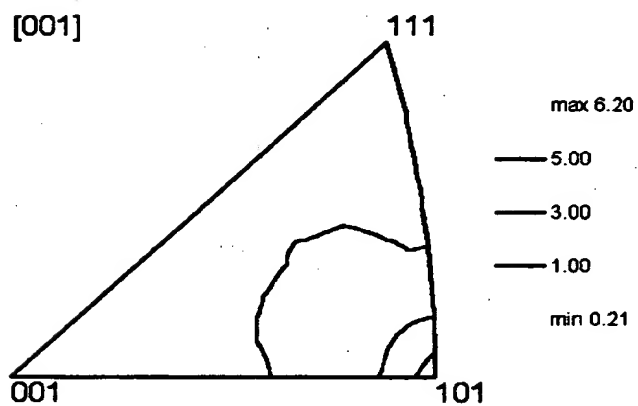
【図 7】



【図 8】

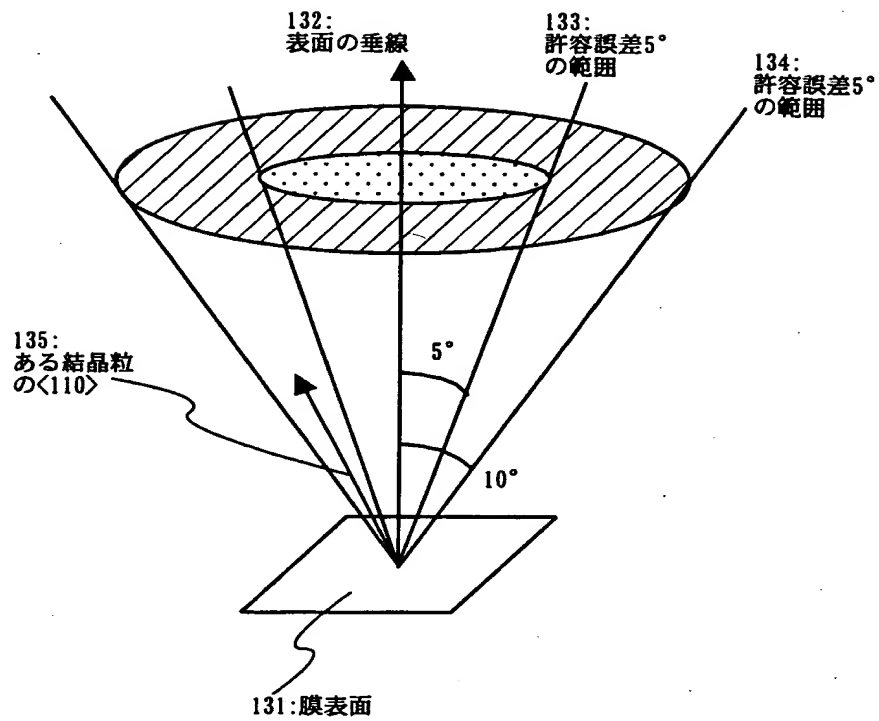


(A) マッピング測定における全測定点のプロット

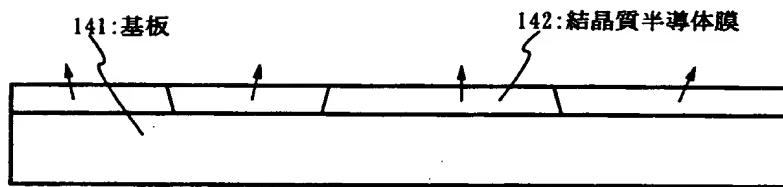


(B) 特定指数への配向の集中度を等高線表示した例

【図 9】

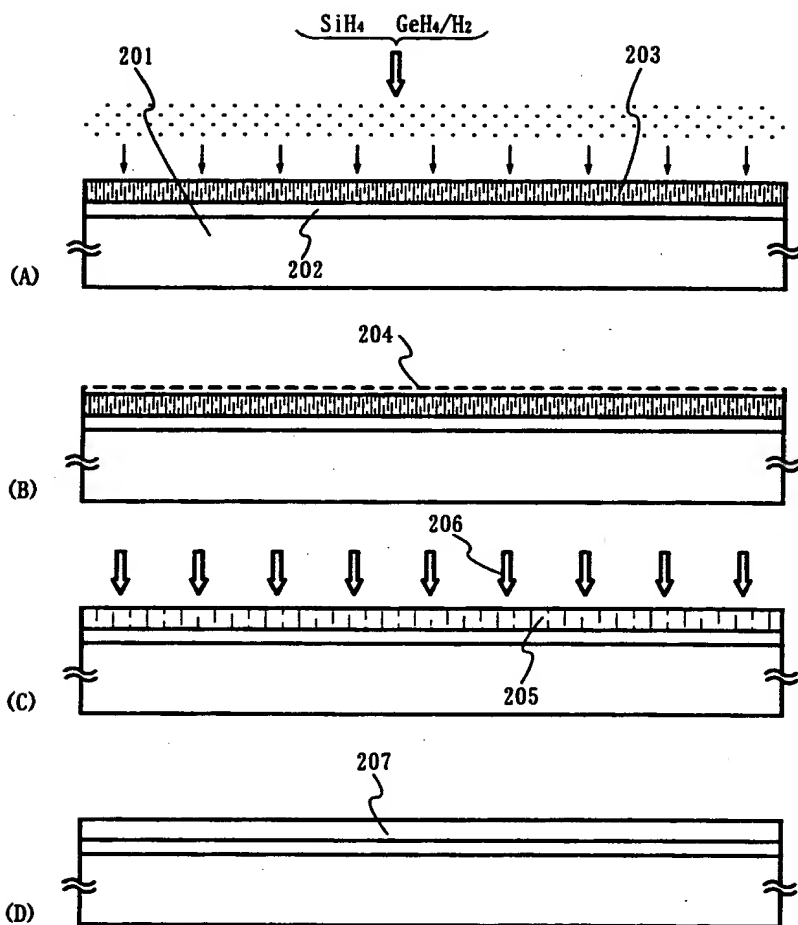


【図 10】

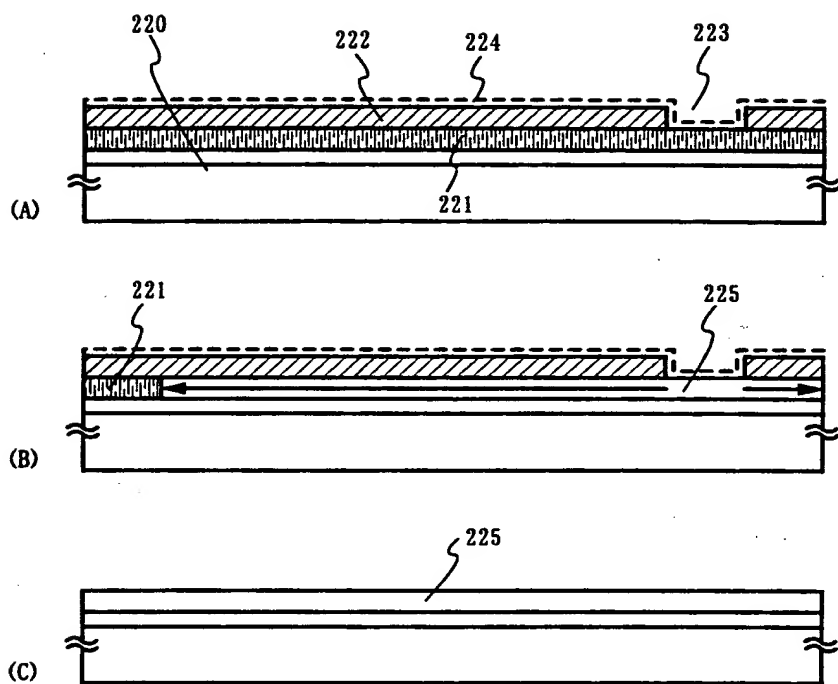


結晶粒の $\langle 101 \rangle$ 方位のゆらぎを説明する図

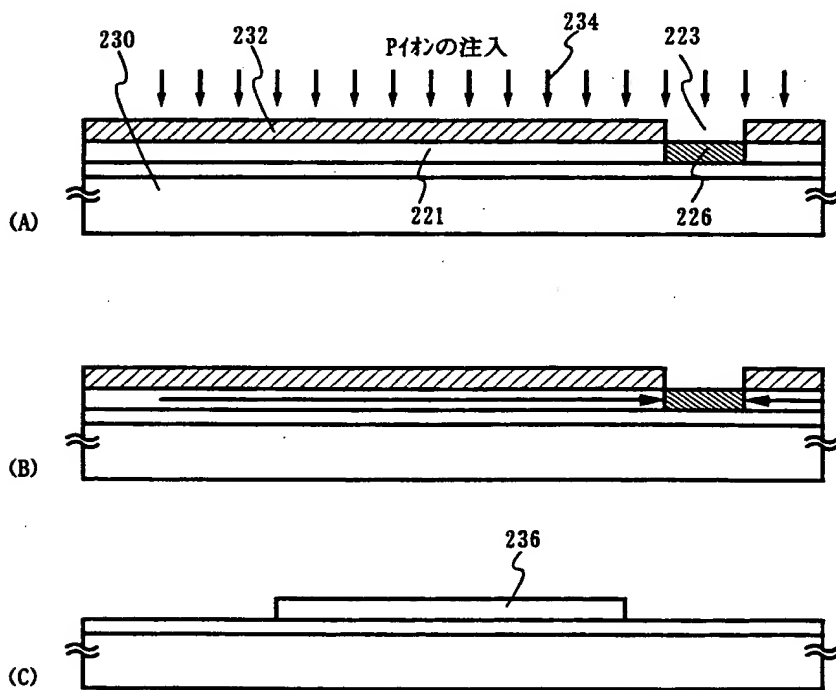
【図 11】



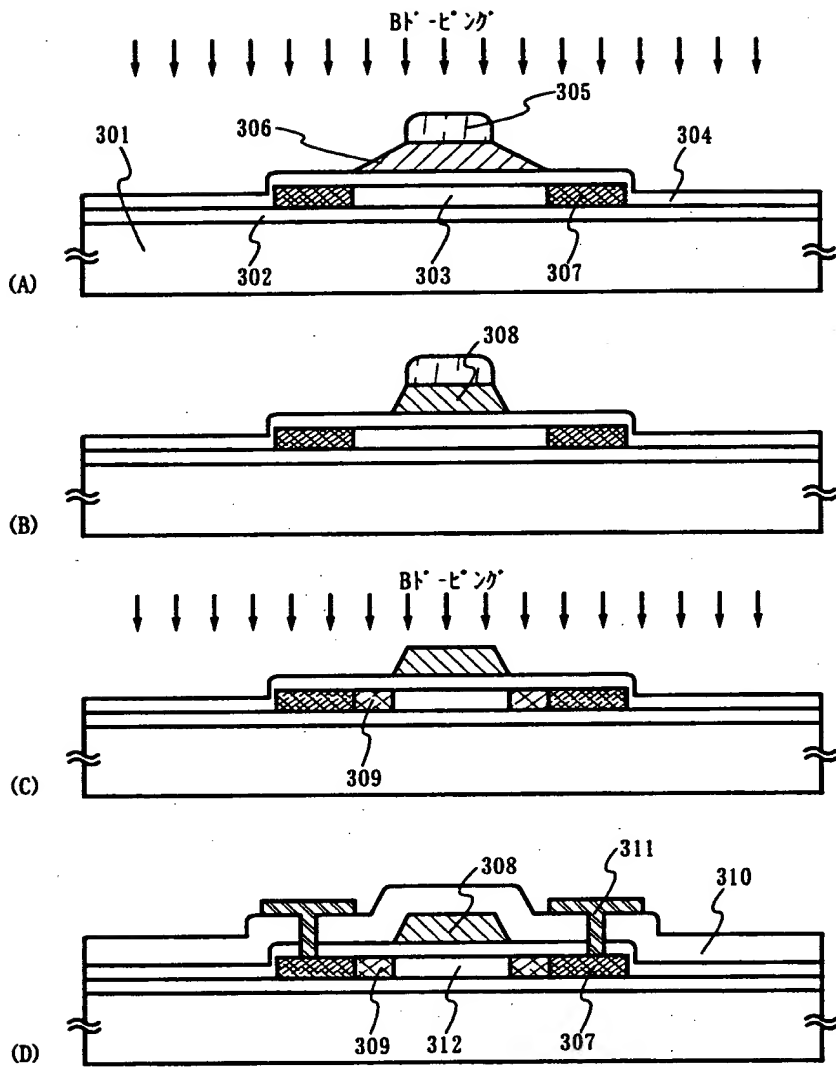
【図 12】



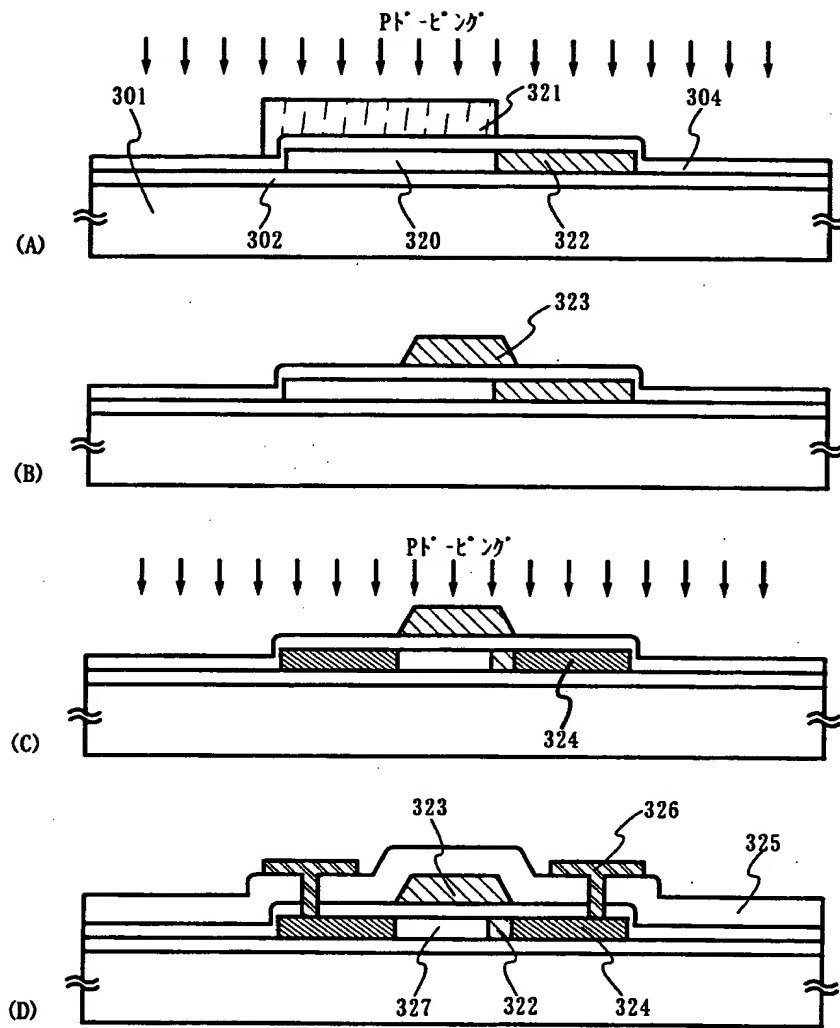
【図 13】



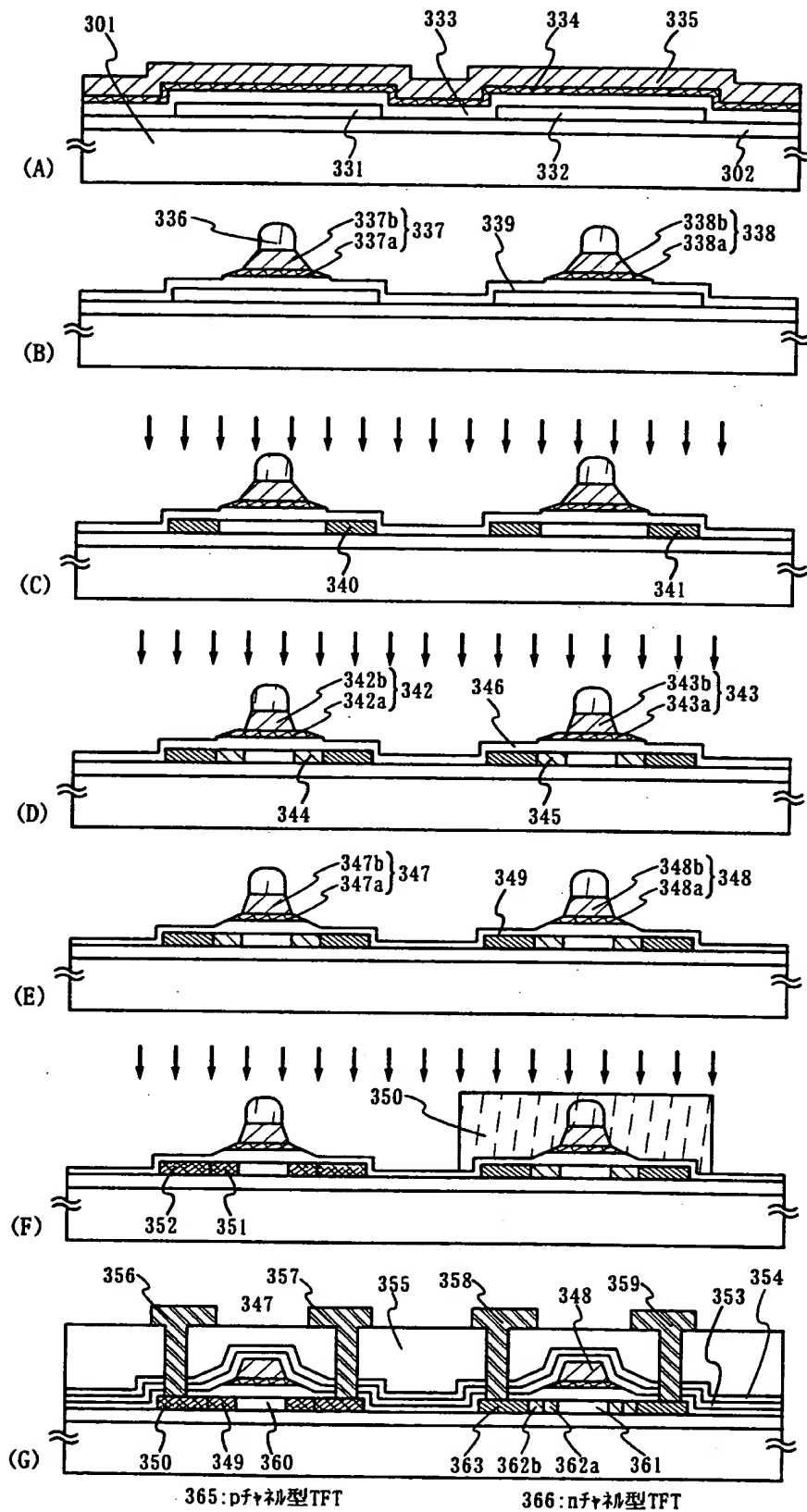
【図 14】



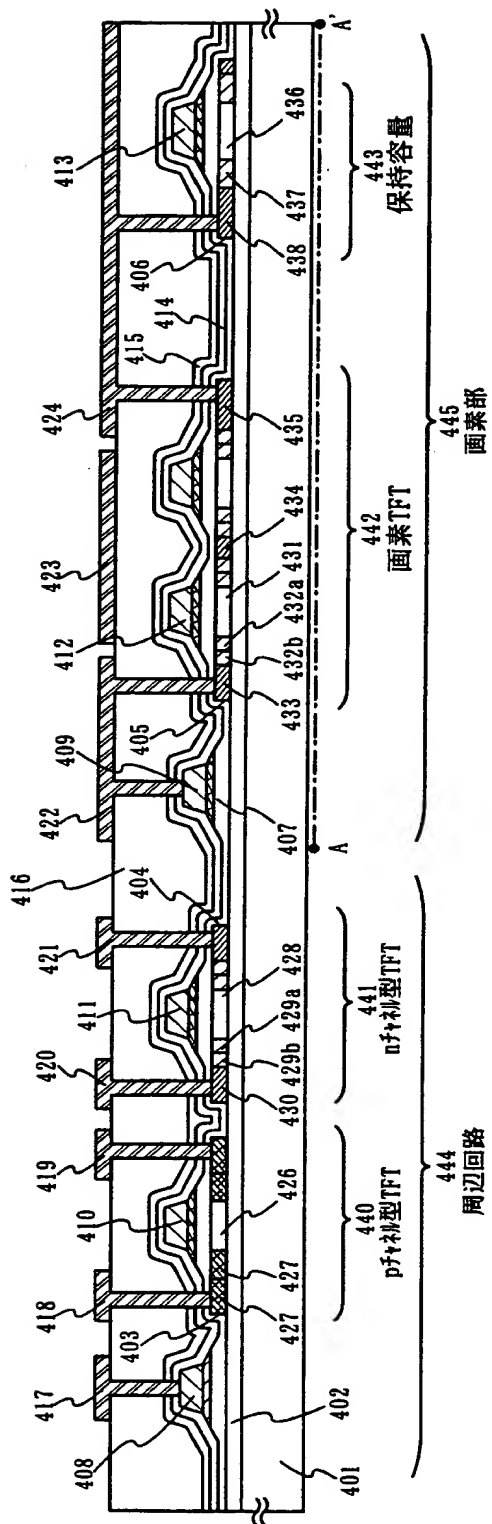
【図 15】



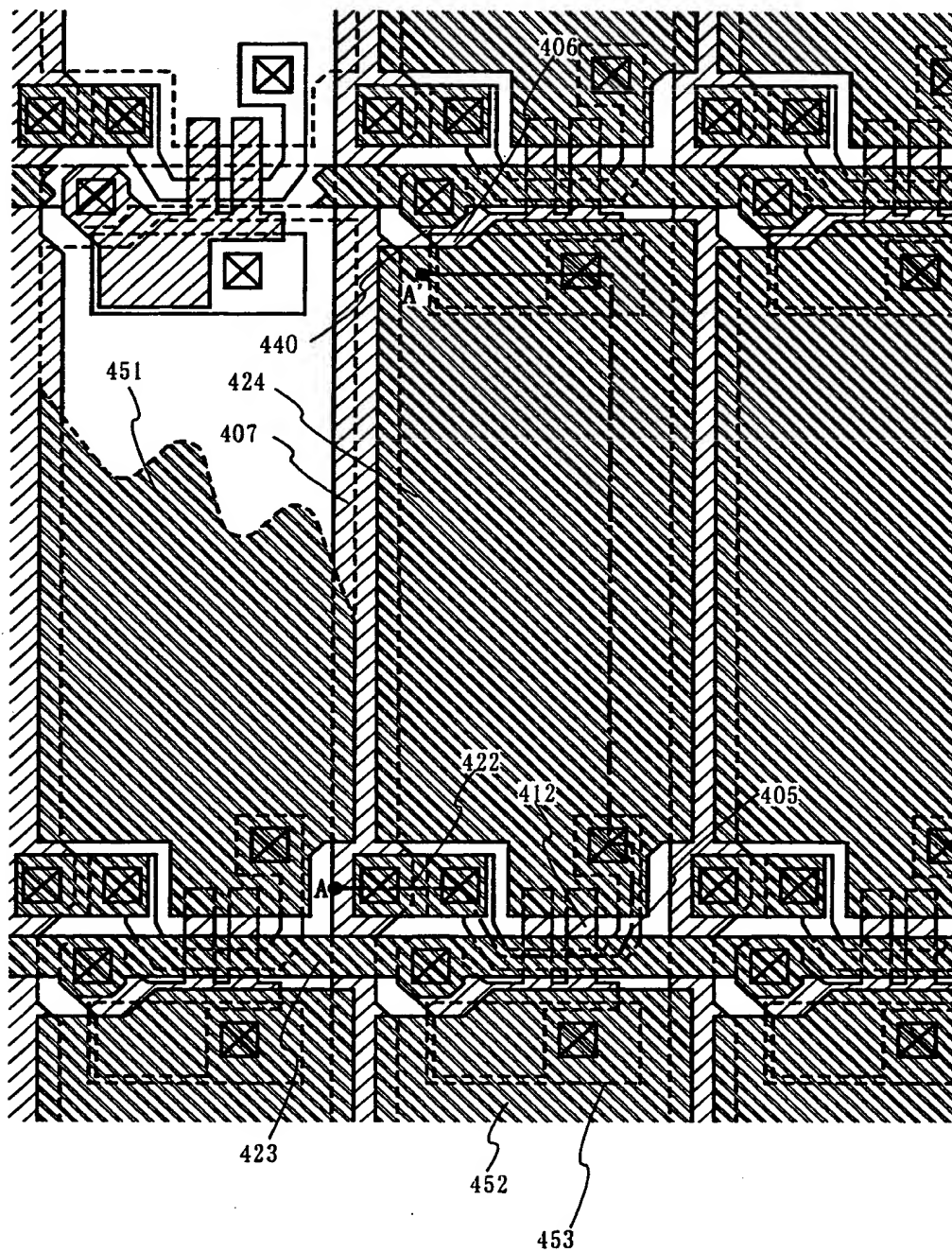
【図 16】



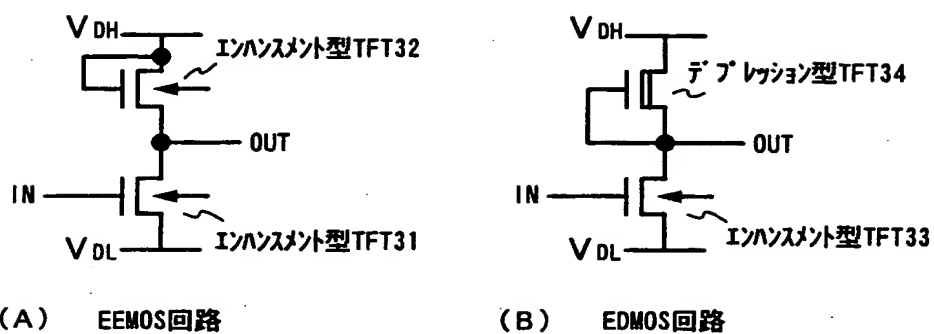
【図 17】



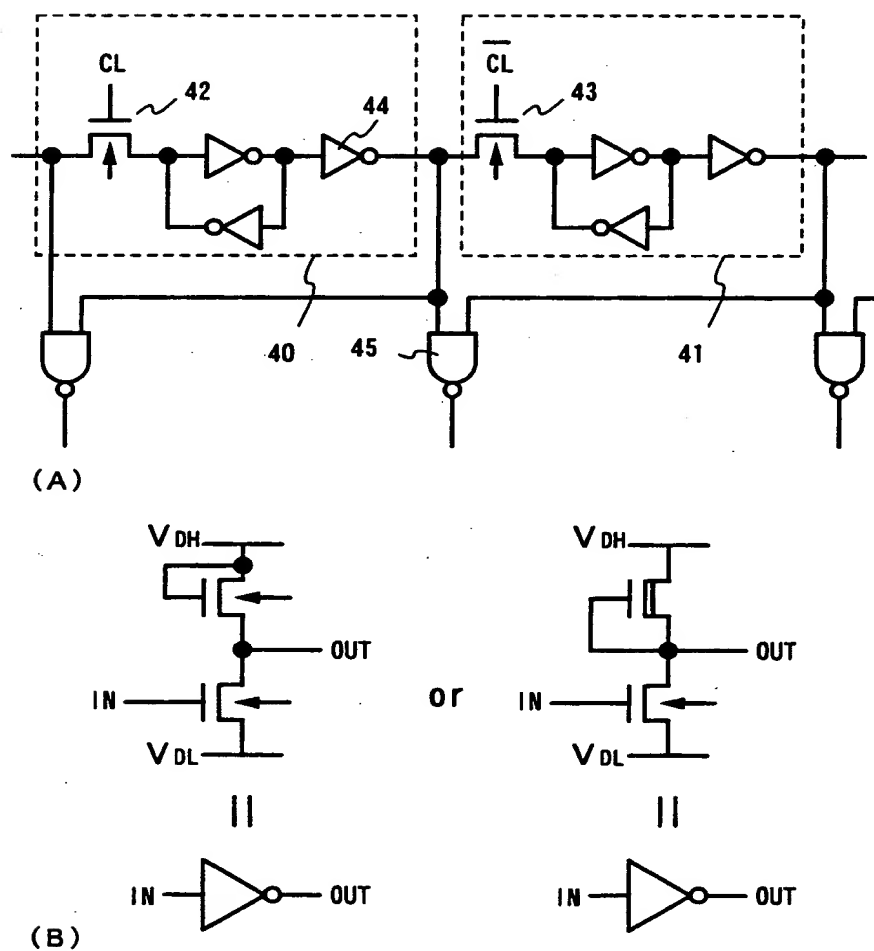
【図 18】



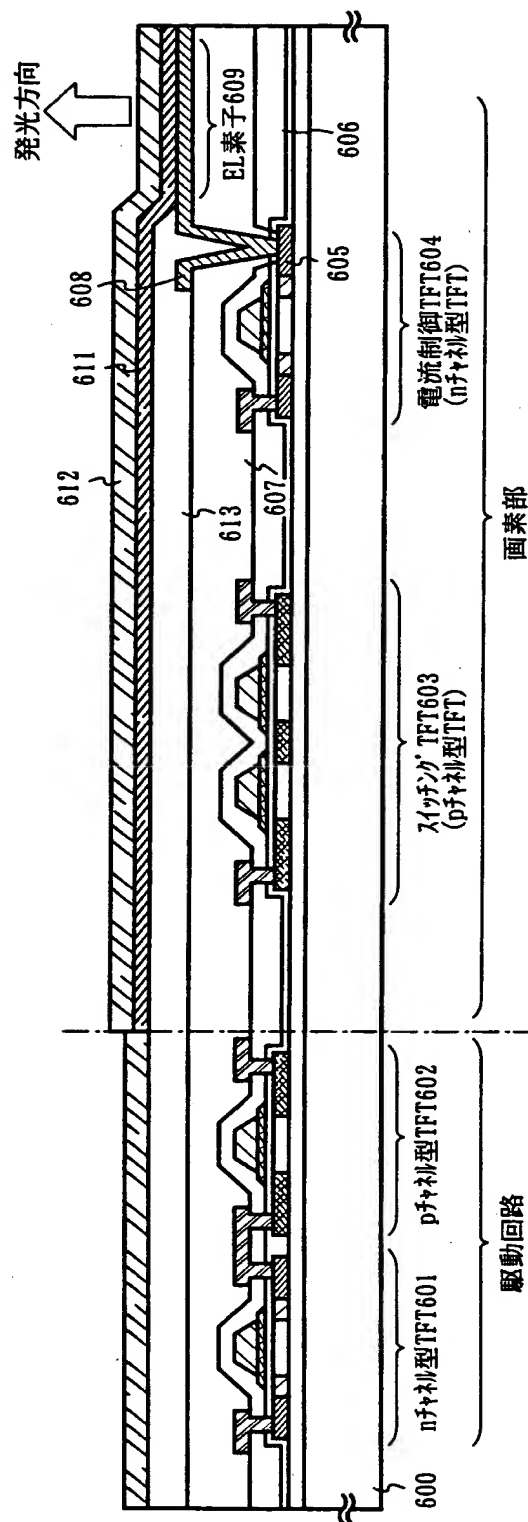
【図 19】



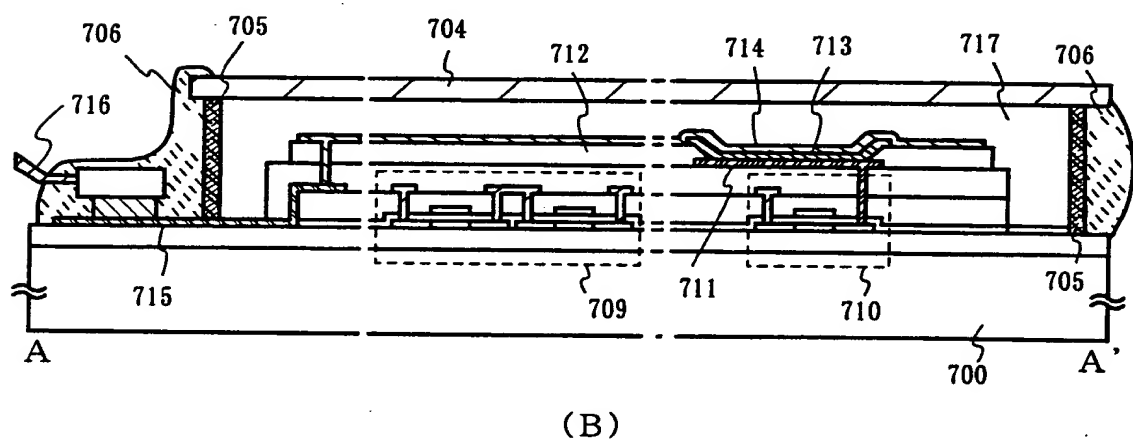
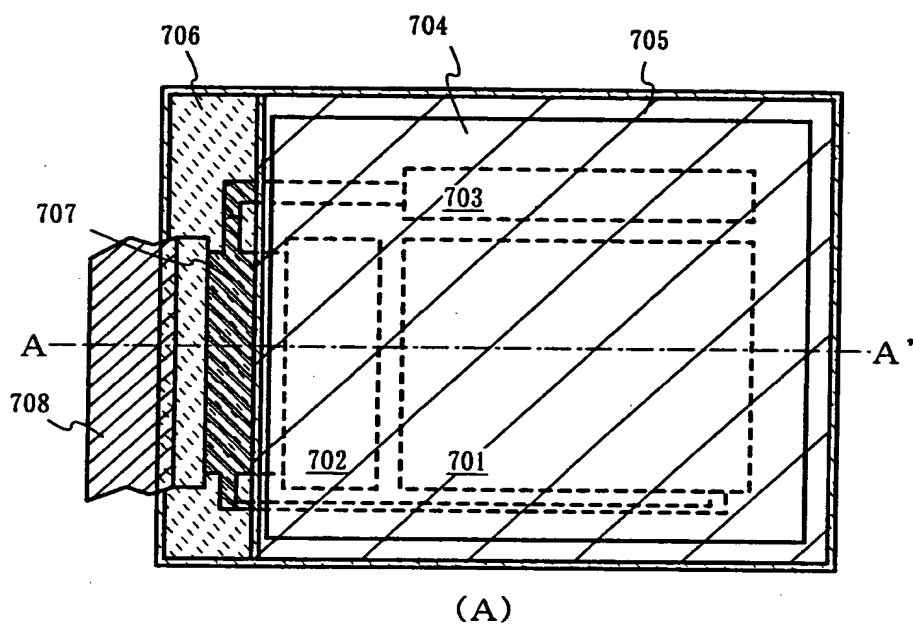
【図 20】



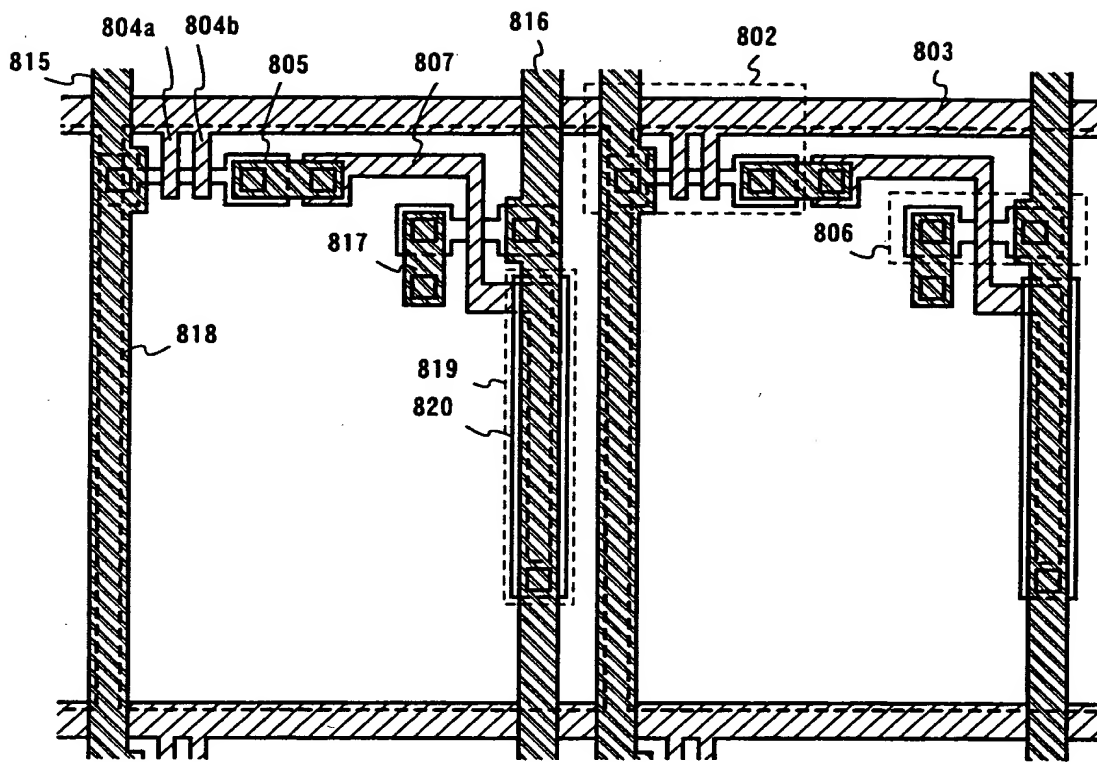
【図 21】



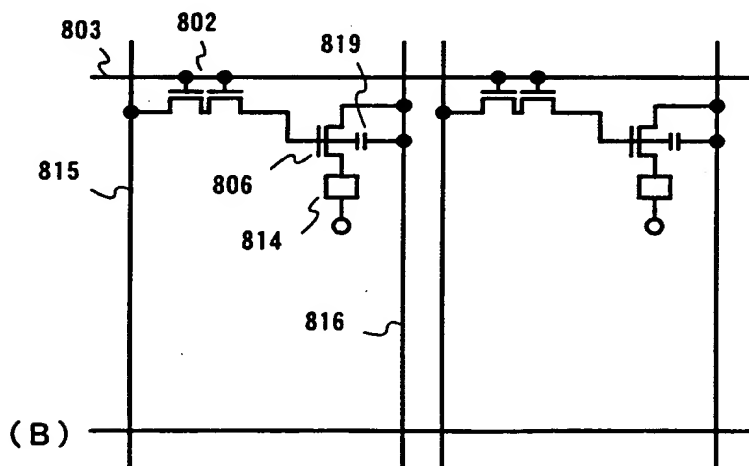
【図 22】



【図 23】

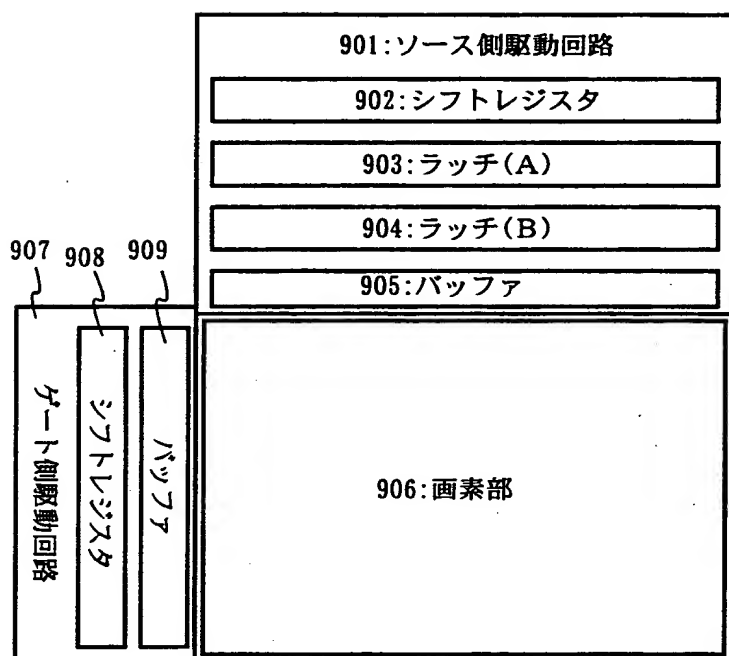


(A)

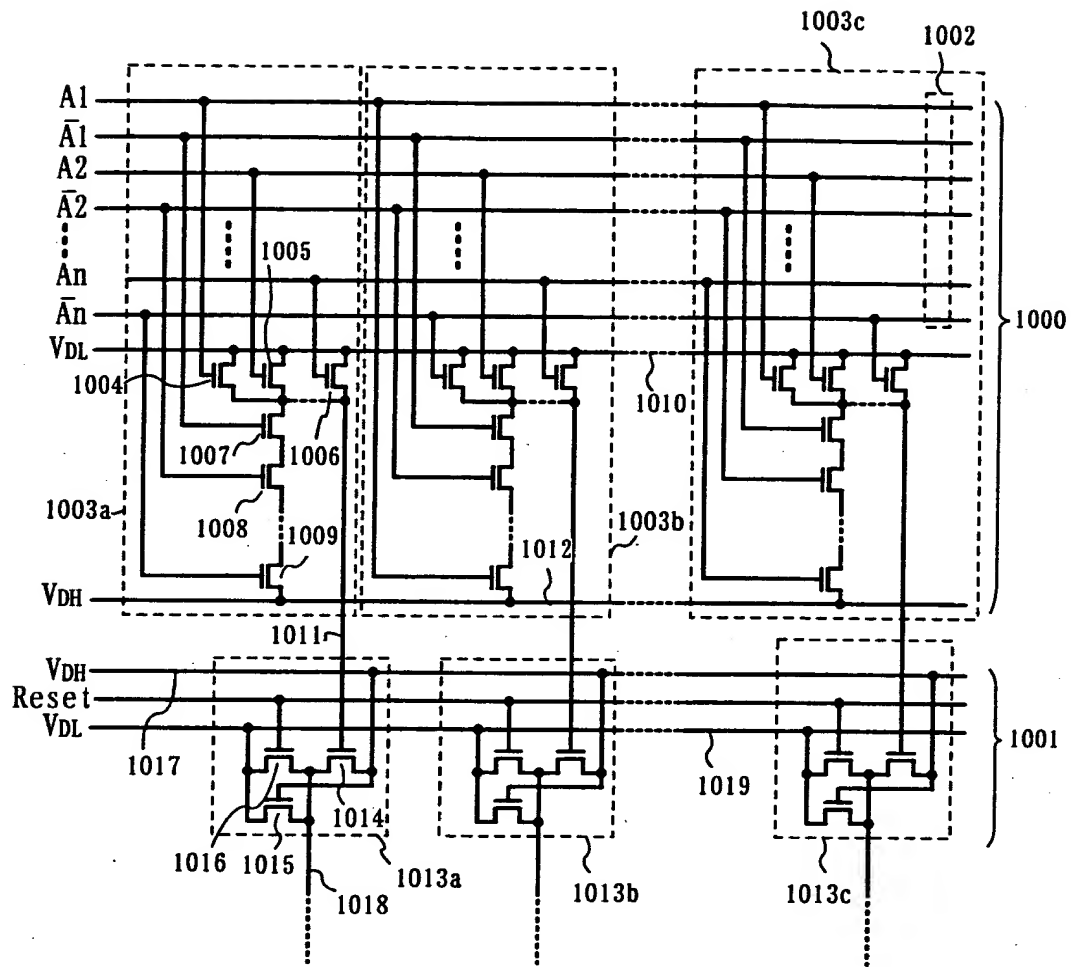


(B)

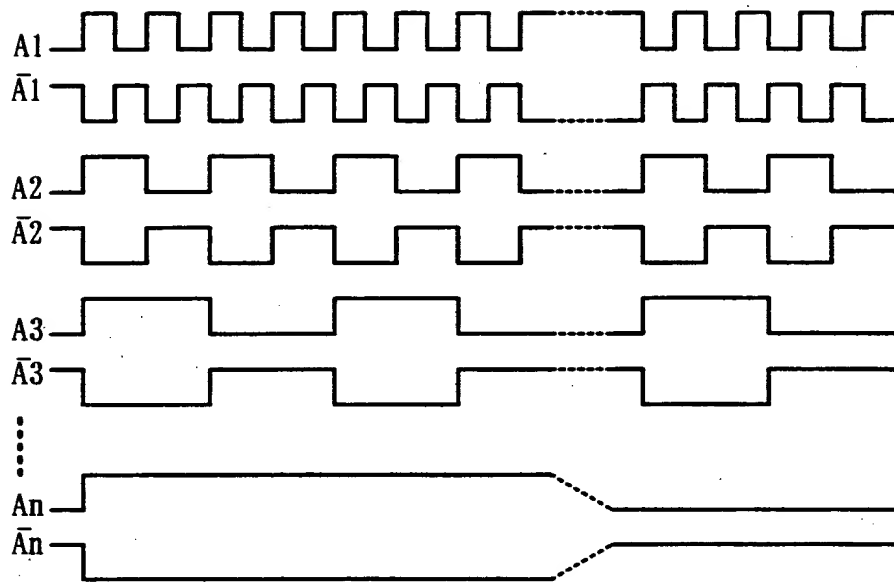
【図 2 4】



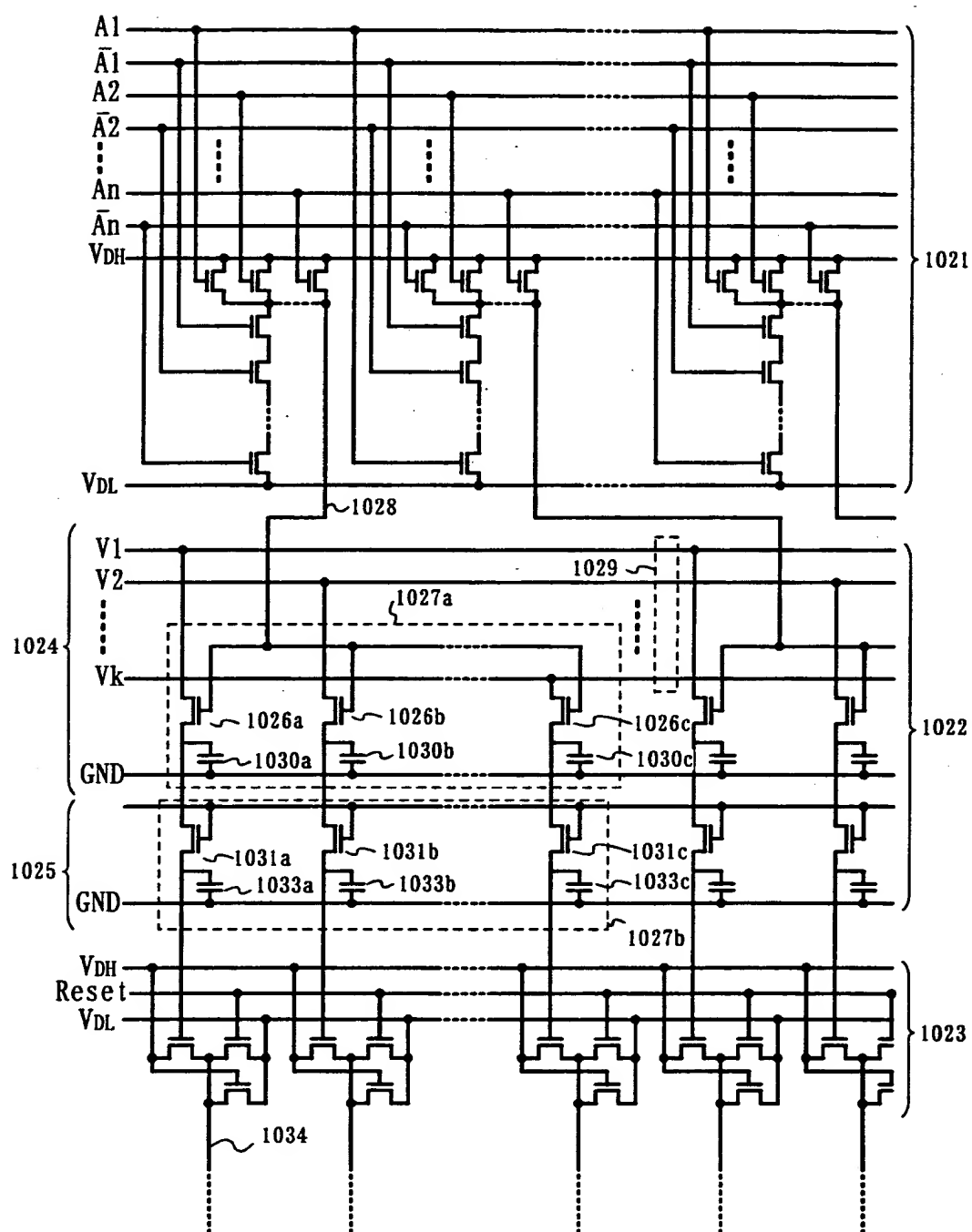
【図 25】



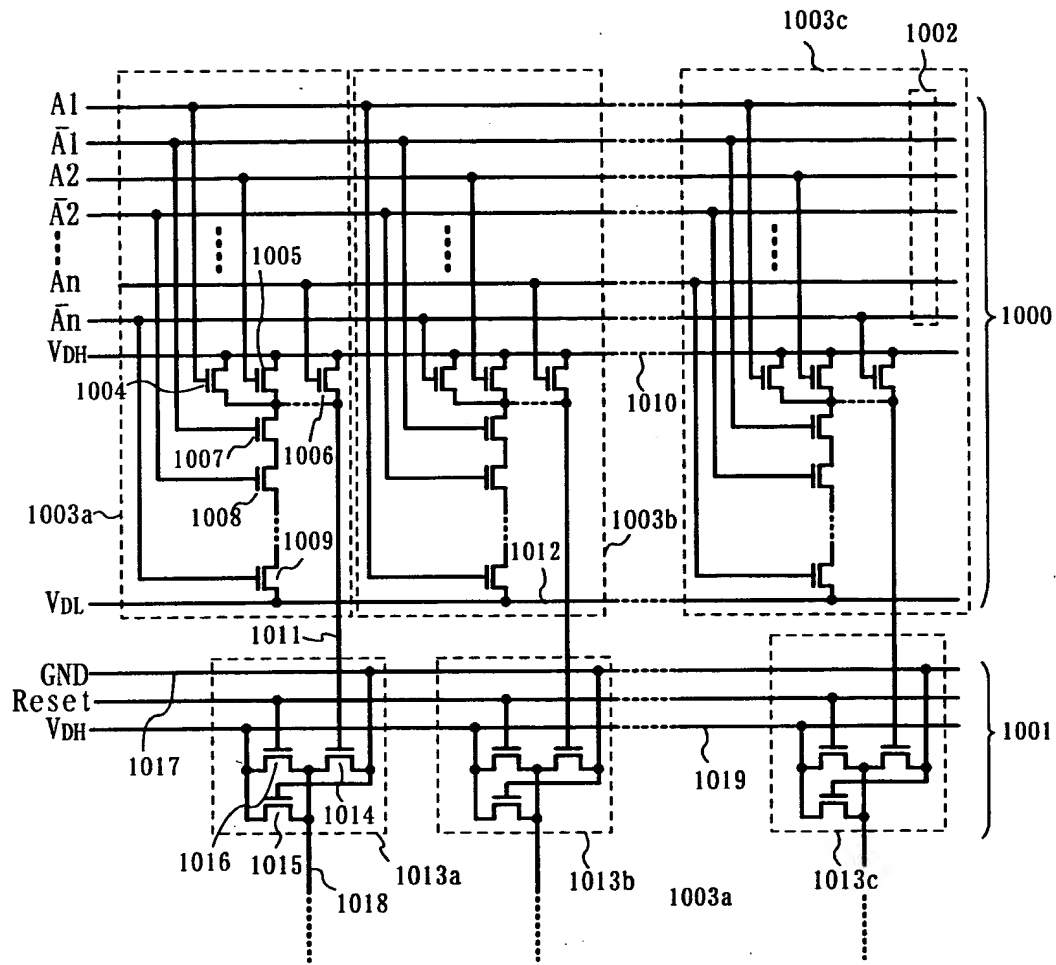
【図 26】



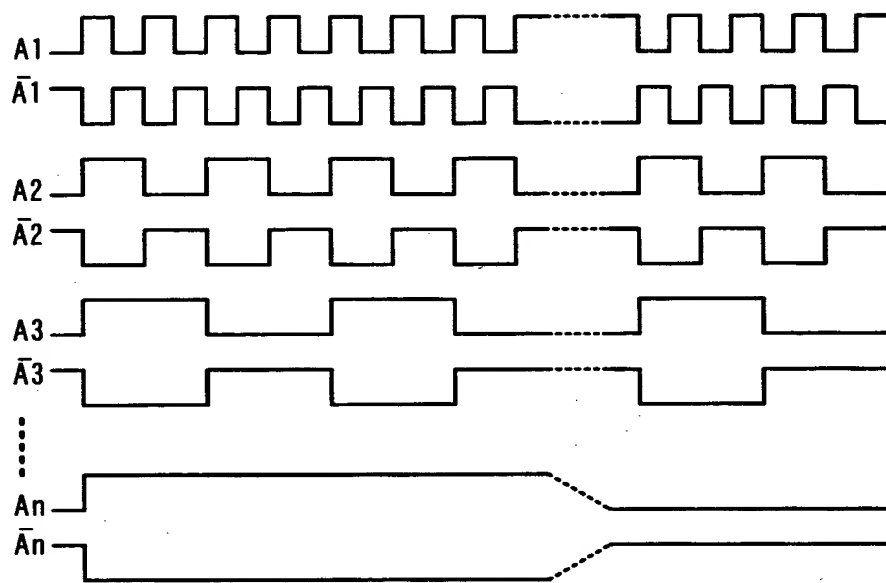
【図 27】



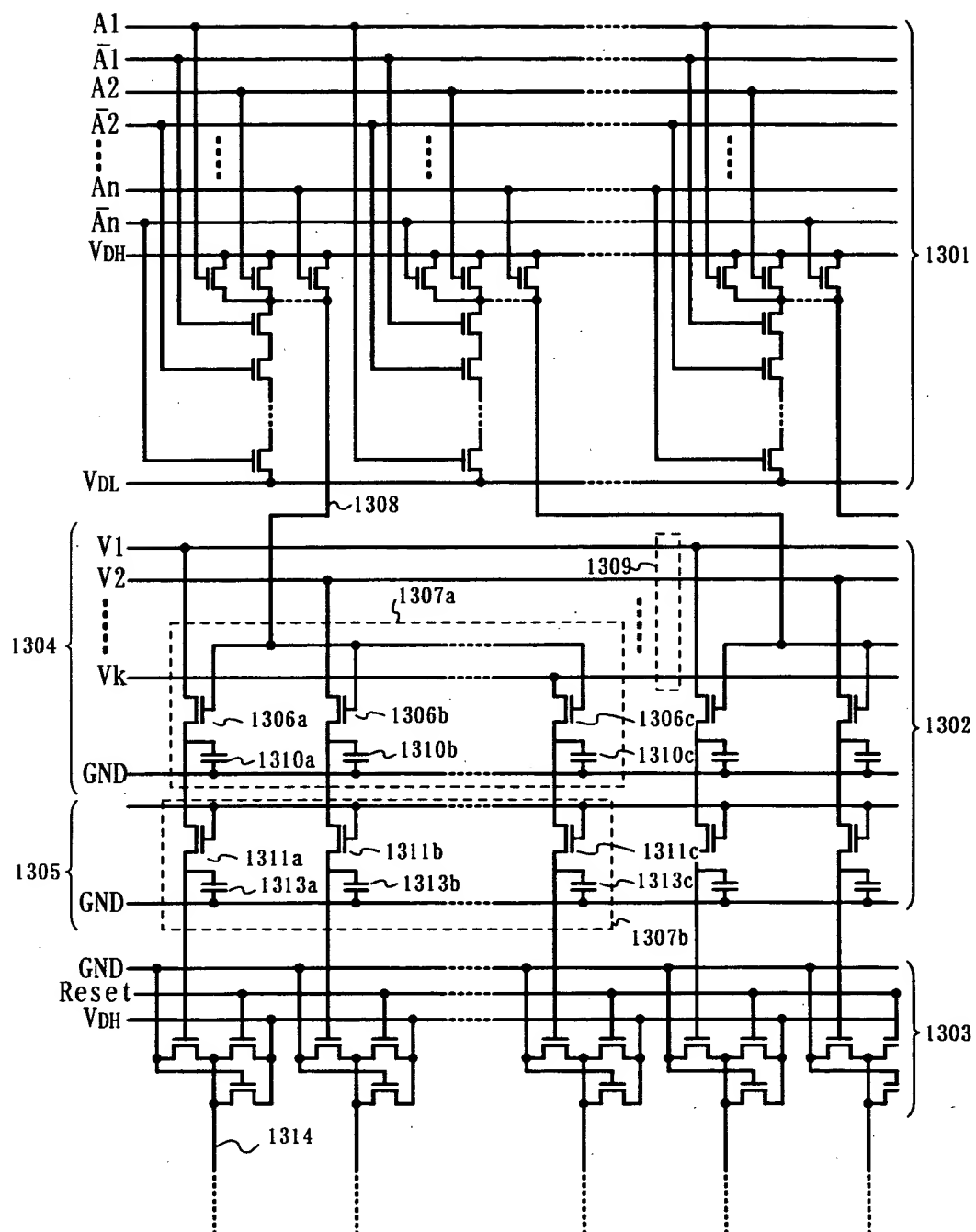
【図 28】



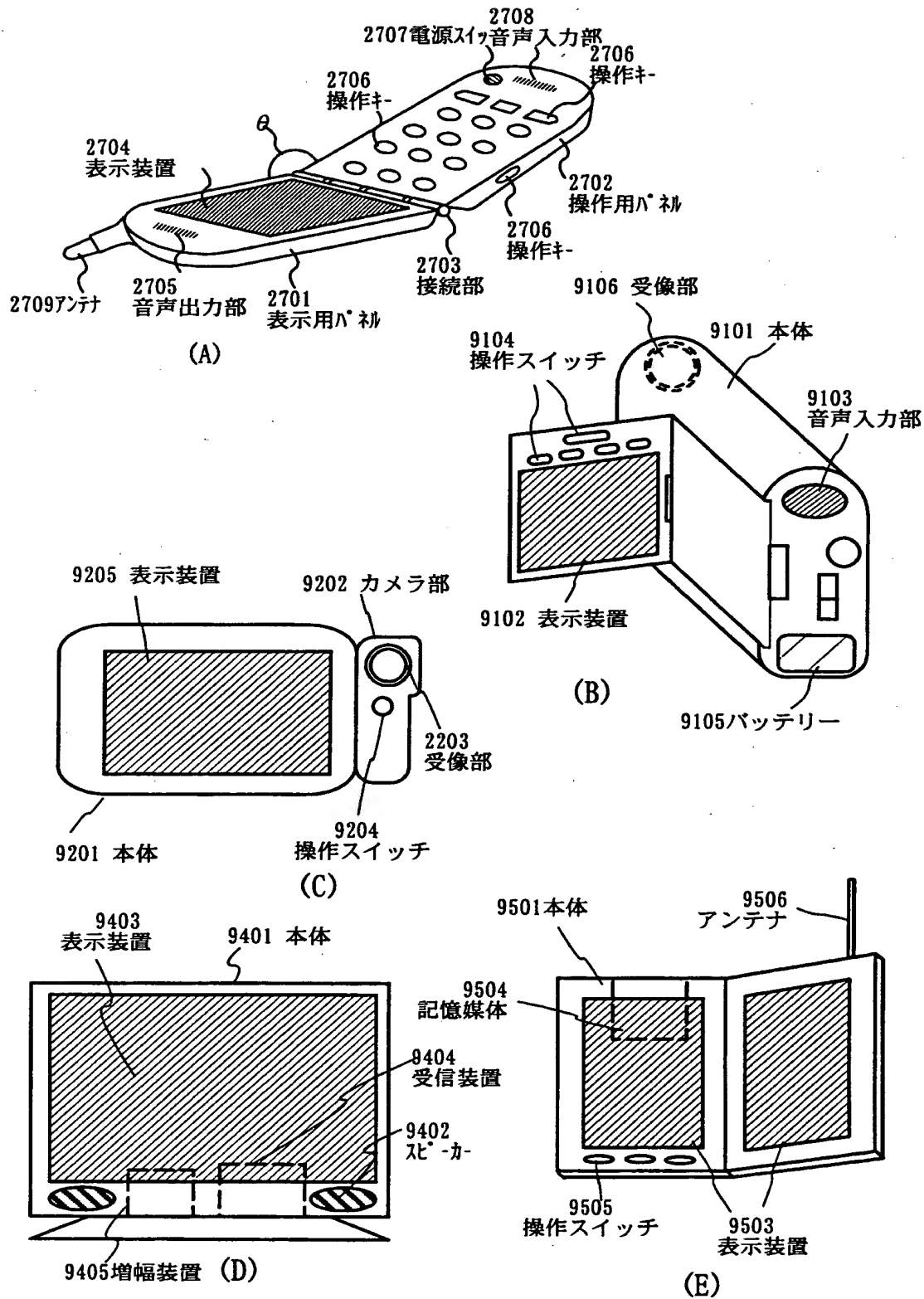
【図 2 9】



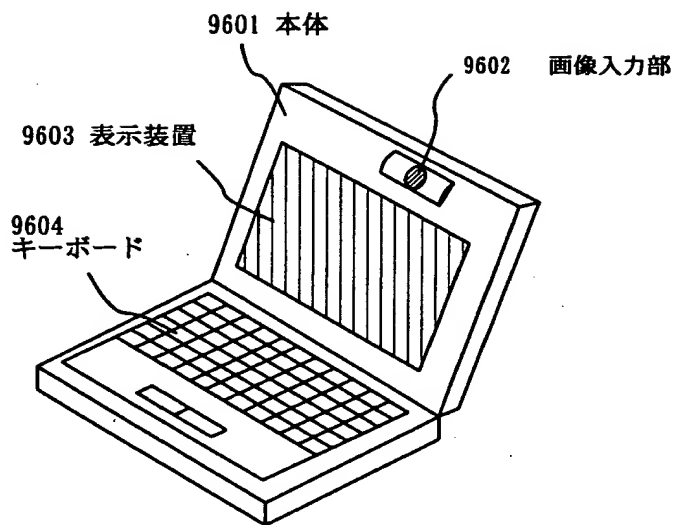
【図 30】



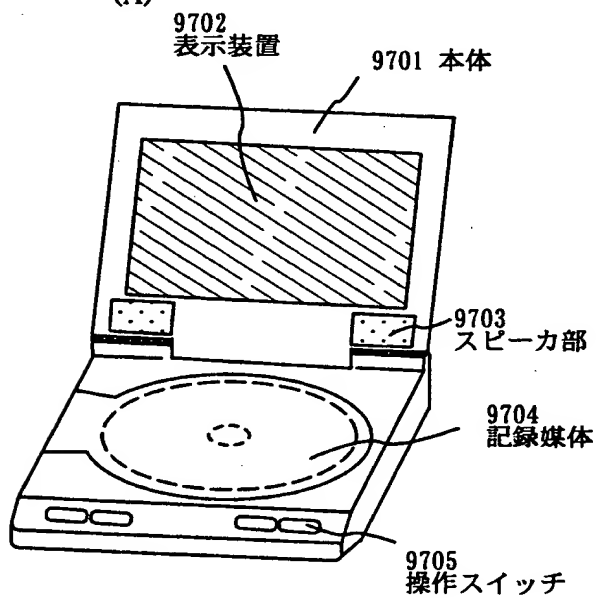
【図 3 1】



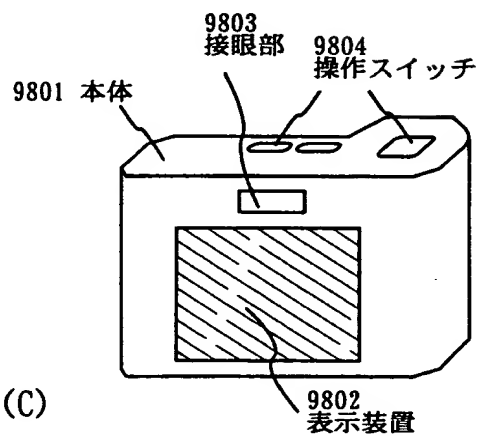
【図 3 2】



(A)

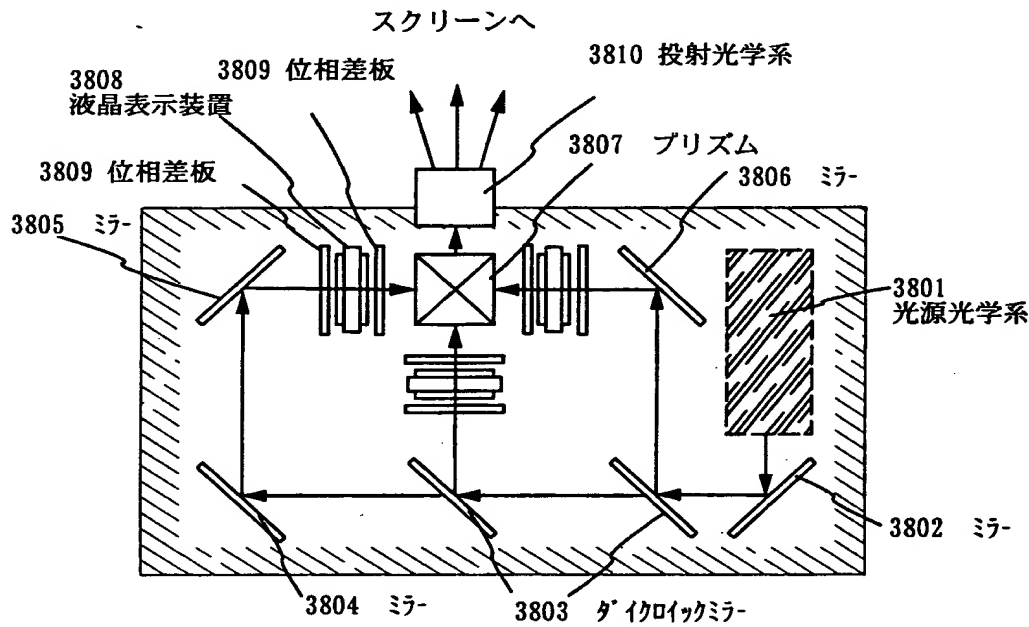
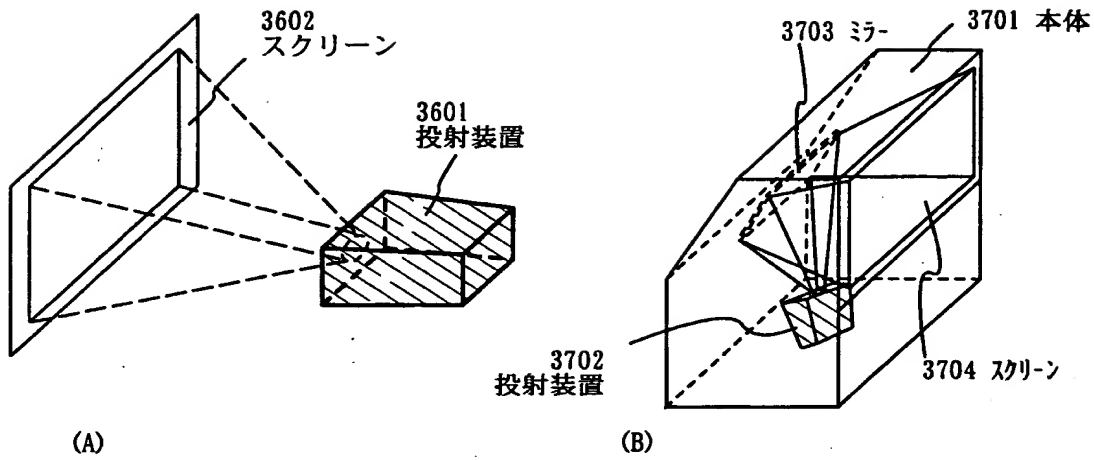


(B)

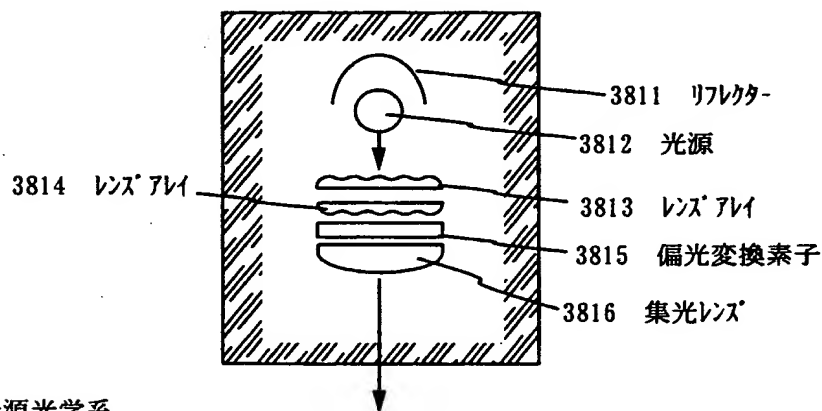


(C)

【図 3 3】

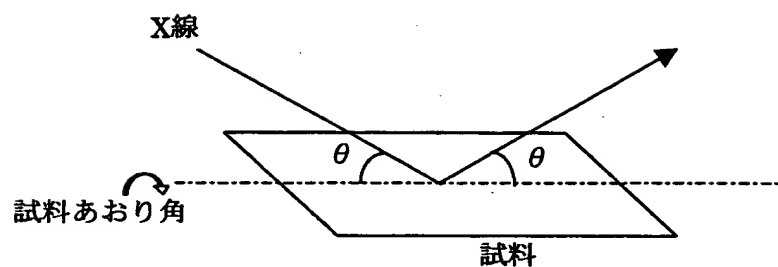


(C) 投射装置 (三板式)

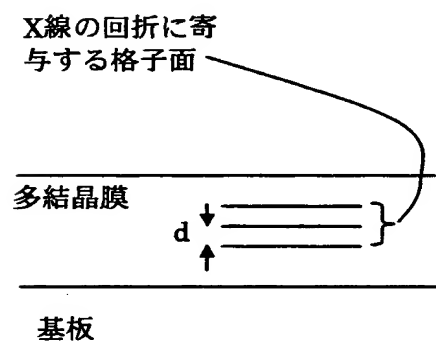


(D) 光源光学系

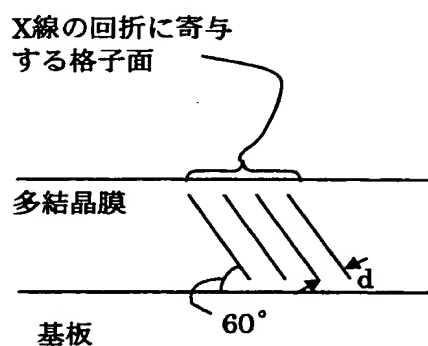
【図 3 4】



【図 3 5】

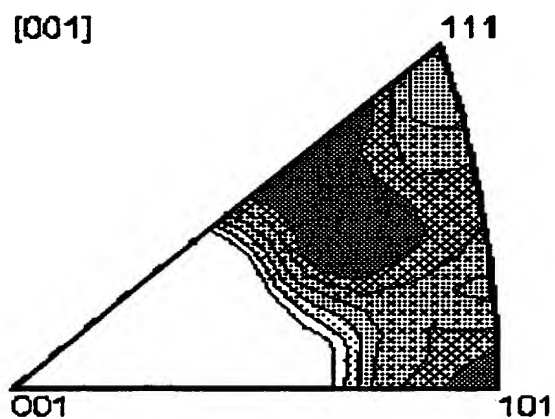


(a) あおり角 0° の場合



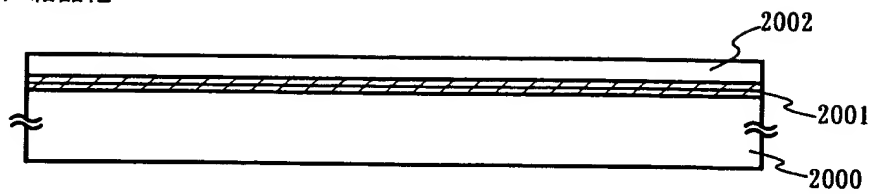
(b) あおり角 60° の場合

【図 3 6】



【図 37】

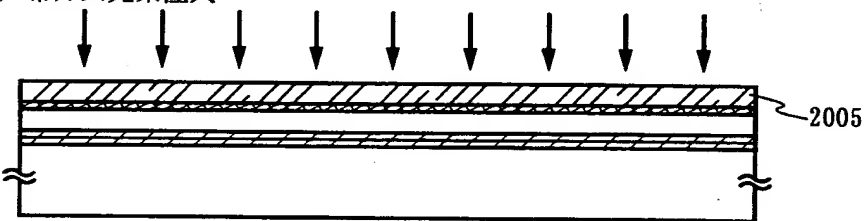
(A) 結晶化



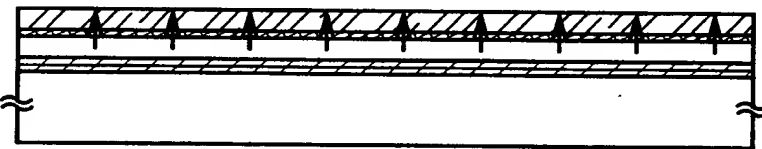
(B) バリア層の形成、半導体膜の形成



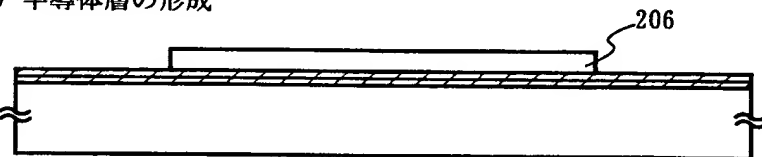
(C) 希ガス元素注入



(D) ゲッタリング



(E) 半導体層の形成



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 非晶質半導体膜を結晶化して得られる結晶質半導体膜の配向性を高め、そのような結晶質半導体膜を用いた T F T を提供することを目的とする。

【解決手段】 シリコンを主成分とする半導体層で T F T が形成されている半導体装置において、半導体層はチャネル形成領域と、一導電型の不純物が添加された不純物領域を有し、チャネル形成領域は、反射電子線回折パターン法で検出される { 1 0 1 } 面の半導体膜の表面となす角が 1 0 度以内である割合が 2 0 % 以上であり、かつ、{ 0 0 1 } 面の半導体膜の表面となす角が 1 0 度以内である割合が 3 % 以下であり、かつ、{ 1 1 1 } 格子面の半導体膜の表面となす角が 1 0 度以内である割合が 5 % 以下であり、かつ、二次イオン質量分析法において検出される窒素及び炭素の濃度が $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 未満であり、酸素の濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 未満とする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000153878]

1. 変更年月日 1990年 8月17日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県厚木市長谷398番地
氏 名 株式会社半導体エネルギー研究所